

AVALIAÇÃO DA GESTÃO DA DRENAGEM URBANA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM EM CURITIBA

TÁCITO ALMEIDA DE LUCCA

Orientador: Cesar A. Pompêo

Co-orientador: Roberto Fendrich

2012
2º Semestre



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DA GESTÃO DA DRENAGEM URBANA NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM EM CURITIBA

TÁCITO ALMEIDA DE LUCCA

Orientador: Cesar A. Pompêo

Co-orientador: Roberto Fendrich

FLORIANÓPOLIS, (SC)
FEVEREIRO/2013

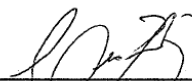
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DA GESTÃO DA DRENAGEM URBANA NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM EM CURITIBA

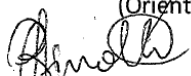
TÁCITO ALMEIDA DE LUCCA

Trabalho submetido à Banca Examinadora como
parte dos requisitos para Conclusão do Curso de
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental –
TCC II


BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Cesar A. Pompêo
(Orientador)



Prof.ª Dr.ª Alexandra R. Finotti
(Membro da Banca)



Prof.ª Dr.ª Nadia B. Bonumá
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS, (SC)
FEVEREIRO/2013

Dedico este trabalho a meus queridos pais Moacir e Marlene.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a meus pais Moacir de Lucca e Marlene Almeida de Lucca por toda forma de auxílio e incentivo que me proporcionaram durante todos estes anos, colaborando enormemente com a minha formação pessoal e profissional, minha dívida com vocês é eterna. Do mesmo modo, agradeço as minhas irmãs Nayere de Lucca Kuhnen e Nicale de Lucca pelo apoio e compreensão de meus momentos ausentes, os quais desejo recompensar muito em breve.

Aos meus amigos, Caroline Correa de Souza e Leonardo Romero Monteiro, agradeço por todos os momentos convividos juntos durante a graduação, sejam eles, difíceis ou triviais, cansativos ou estimulantes, tristes ou felizes que deixarão saudades. Esta verdadeira amizade almejo levar para toda minha vida.

Agradeço a todos técnicos e especialistas dos diversos Órgãos que atuam na gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Belém e que de algum modo colaboraram para a realização deste trabalho, seja pela disponibilização de informações e materiais, ou através de esclarecimentos, em especial a Carlos Galerani, Edson Nagashima e Júlio, do Instituto Águas do Paraná, ao Eng^o Edu José Franco da Empresa Paralela, ao Reinaldo da Secretaria Municipal do Meio Ambiente e ao Djalma e Wilson Almeida, da Secretaria Municipal de Obras Públicas.

Ao professor Roberto Fendrich, especialista em Drenagem Urbana e um dos profissionais que mais tem contribuído com estudos referentes à problemática das enchentes urbanas na Bacia Hidrográfica do Rio Belém, deixo meus sinceros agradecimentos por todo apoio técnico e demais sugestões fornecidas para este Trabalho.

Por fim, porém não menos importante, gostaria de agradecer imensamente ao professor Cesar Augusto Pompeo por todo aprendizado e conselhos oferecidos dentro e fora da sala de aulas, além da paciência apresentada em meio às dificuldades encontradas pelo Aluno ao longo do período de elaboração deste Trabalho de Conclusão de Curso. Professores como o Senhor, trazem a nós, estudantes, a esperança de um Brasil com mais ética e responsabilidade sócio-ambiental.

RESUMO

Nas últimas décadas, a urbanização das cidades tem se intensificado e, conseqüentemente, a impermeabilização dos solos, chegando a níveis cada vez maiores. Por conseguinte, este processo vem desencadeando enchentes, em meio urbano, com uma maior frequência. No presente estudo é discutida, de modo crítico, a articulação das medidas estruturais e não estruturais implantadas, previstas e propostas para o controle das enchentes urbanas na Bacia Hidrográfica do Rio Belém, localizada na cidade de Curitiba, no Estado do Paraná. A discussão foi sustentada pelo estabelecimento de categorias que influenciam diretamente na aplicação e funcionalidade das medidas. O Trabalho contou com a colaboração de técnicos e especialistas responsáveis pela execução e gestão das medidas de controle de enchentes na Bacia Hidrográfica do Rio Belém. Como resultados diagnosticou-se que as medidas para o combate as enchentes utilizadas na cidade de Curitiba, mais especificamente na Bacia do Rio Belém, consistem de um modo geral em medidas intensivas por intermédio de canalizações parciais ou totais, desvios, alteração na seção transversal, retificação e também a construção de reservatórios de detenção e de retenção. Chega-se a conclusão que os principais fatores que contribuem para a ocorrência de enchentes na Bacia Hidrográfica do Rio Belém são a ausência de manutenção contínua das medidas, além da carência de investimentos por parte da Prefeitura Municipal de Curitiba e a falta de conscientização da população.

Palavras-Chave: Chuvas intensas, enchentes urbanas, drenagem urbana, medidas de controle de enchentes.

ABSTRACT

In recent decades, the urbanization process has been greatly intensified, leading to an increase of soil impermeabilization of the soil in urban areas and, consequently, to a higher frequency of city flooding events. The present study intends to discuss, critically, the articulation of structural and nonstructural measures that were implemented, planned and proposed in order to control floods in Belém River Basin, located in the city of Curitiba, Paraná State. The discussion was supported by the establishment of categories that directly influence the operation performance or measures implementation. The work involved the collaboration of technicians and specialists responsible for implementation and management of flood control measures in Belém River Basin. As results was diagnosed that measures to combat floods used in Curitiba, specifically in Belém River Basin, consisting generally in intensive measures through partial or complete plumbing, deviations, change in cross section, rectification and also the construction of reservoirs detention and retention. Arrives at the conclusion that the main factors contributing to the occurrence of floods in the Belém River Basin are the absence of frequent maintenance measures, besides the lack of investment by the City of Curitiba and the lack of population awareness.

Keywords: Intense rains, urban floods, urban drainage, flood control measures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O ciclo vicioso das inundações.....	06
Figura 2 – Efeito de amortecimento do reservatório.....	13
Figura 3 – Exemplos de dispositivos de infiltração.....	21
Figura 4 – Sistema de aproveitamento de água da chuva.....	22
Figura 5 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Belém.....	24
Figura 6 – Bairros da Bacia Hidrográfica do Rio Belém.....	25
Figura 7 – Principais pontos e tributários do Rio Belém.....	26
Figura 8 – Qualificação das medidas de controle de enchentes urbanas.....	29
Figura 9 – Lago do Parque São Lourenço.....	37
Figura 10 – Manutenção do Lago do Parque São Lourenço.....	39
Figura 11 – Passeio Público.....	40
Figura 12 – Manutenção do Passeio Público.....	41
Figura 13 – Galeria Celular do Rio Belém entre a Rua Luiz Leão e Av. Pres. Affonso Camargo.....	43
Figura 14 – Canal do Rio Belém após Av. Pres. Affonso Camargo.....	44
Figura 15 – Galeria da Rua Vicente Machado.....	46
Figura 16 – Galeria Celular do Rio Ivo na Rua Voluntários da Pátria.....	46
Figura 17 – Canal parabólico do Rio Ivo.....	47
Figura 18 – Canal do Rio Juvevê.....	48
Figura 19 – Canal do Rio Água Verde.....	50
Figura 20 – Acúmulo de resíduos no canal do Rio Água Verde.....	51
Figura 21 – Pontos de inundação na Bacia Hidrográfica do Rio Belém.....	52
Figura 22 – Informações da Estação Telemétrica.....	77
Figura 23 – Esquema geral das medidas de controle de enchentes no Município de Curitiba.....	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Medidas estruturais para o controle de enchentes.....	09
Quadro 2 – Comparação das medidas adotadas no exterior.....	19
Quadro 3 – Medidas estruturais implantadas na Bacia Hidrográfica do Rio Belém.....	35
Quadro 4 – Lagoas de acumulação propostas para a Bacia do Rio Belém.....	58
Quadro 5 – Melhoria das condições de escoamento dos canais.....	63
Quadro 6 – Síntese das Medidas de Controle de Enchentes.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Eficiência na remoção de sedimentos suspensos e custo de medidas de controle.....	10
Tabela 2 – Indicador do Diagnóstico do Agravamento das Inundações.....	55
Tabela 3 – Medidas estruturais de controle de enchentes propostas para a Bacia Hidrográfica do Rio Belém.....	64
Tabela 4 – Consumo diário em habitações.....	81

LISTA DE SIGLAS

COALIAR – Comitê das Bacias do Alto Rio Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira.
Cobrape – Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos
COHAB – Companhia de Habitação Popular de Curitiba
CMU – Conselho Municipal de Urbanismo
CN – Curva Número
DHS – Departamento de Hidráulica e Saneamento
FRHI – Fundo Estadual de Recursos Hídricos
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba
NEA – Núcleo de Estudos da Água
PMC – Prefeitura Municipal de Curitiba
RMC – Região Metropolitana de Curitiba
RPC TV – Rede Paranaense de Comunicações
SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná
SEGRH – Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SMOP – Secretaria Municipal de Obras Públicas
SMMA – Secretaria Municipal do Meio Ambiente
SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
UFPR – Universidade Federal do Paraná
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. OBJETIVO GERAL	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1. URBANIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	5
3.2. MEDIDAS DE CONTROLE DAS ENCHENTES	7
3.2.1. MEDIDAS ESTRUTURAIS	8
3.2.2. MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS	13
3.3. INFILTRAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS NO SOLO	20
3.4. APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS	21
4. MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1. LOCAL DE ESTUDO	23
4.1.1. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM	24
4.2. MEDIDAS DE CONTROLE DE ENCHENTES EXISTENTES, PROPOSTAS E PREVISTAS	27
4.3. ARTICULAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS DE CONTROLE DE ENCHENTES	29
4.4. ANÁLISE DA SENSIBILIDADE DAS MEDIDAS DE CONTROLE	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1. MEDIDAS ESTRUTURAIS	33
5.1.1. MEDIDAS ESTRUTURAIS EXISTENTES	33
5.1.1.1. Lago do Parque São Lourenço – Rio Belém	37
5.1.1.2. Passeio Público – Rio Belém	40
5.1.1.3. Galerias e Canais – Rio Belém	42
5.1.1.4. Canais e Galerias – Rio Ivo	45
5.1.1.5. Canal – Rio Juvevê	48
5.1.1.6. Canais – Rio Água Verde	49
5.1.2. MEDIDAS ESTRUTURAIS PROPOSTAS	51
5.1.2.1. Lagoas de Acumulação	56
5.1.2.2. Melhoria das Condições de Escoamento dos Canais ..	61
5.1.3. MEDIDAS ESTRUTURAIS PREVISTAS	64
5.2. MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS	66
5.2.1. Lei Municipal n° 7.833 de 19 de Dezembro de 1991	66
5.2.2. Lei Municipal n° 9.800 de 03 de Janeiro de 2000	69
5.2.3. Lei Municipal n° 9.805 de 03 de Janeiro de 2000	72
5.2.4. Plano Diretor de Drenagem da RMC (2002)	74

5.2.5. Sistema de Monitoramento e Alerta da Bacia do Alto Iguaçu.....	76
5.2.6. Lei Municipal n ° 10.785 de 18 de Setembro de 2003....	78
5.2.7. Decreto Municipal n ° 293 de 28 de Março de 2006	80
5.2.8. Decreto Municipal n ° 176 de 27 de Março de 2007	83
5.2.9. Plano Diretor de Drenagem de Curitiba (2012).....	86
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	94
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

1. INTRODUÇÃO

A atividade antrópica vem há muito tempo provocando alterações e impactos no meio ambiente, fazendo-se necessária a apresentação de estratégias e mecanismos que minimizem e revertam os efeitos da degradação ambiental e do esgotamento dos recursos naturais que são observados com maior frequência. Entre as consequências relacionadas, devido a interação do ser humano com a natureza, encontram-se as enchentes.

POMPÊO (1999) alerta que as enchentes em áreas urbanas podem ser decorrentes de chuvas intensas de largos períodos de retorno; ou devidas aos transbordamentos de cursos d'água provocados por mudanças no equilíbrio do ciclo hidrológico, em regiões a montante das áreas urbanas; ou ainda, devidas à própria urbanização. Os rios possuem de modo geral dois leitos, o menor onde a água escoar na maior parte do tempo e o leito maior, que corresponde a área inundável do rio para as chuvas intensas. O impacto, devido a enchente, ocorre quando a população começa a ocupar o leito maior do rio, ficando esta sujeita aos eventos fluviais críticos.

O problema das enchentes em áreas urbanas existe em muitas cidades, e suas causas são diversificadas, tais como o assoreamento do leito dos rios, impermeabilização das áreas de infiltração na bacia de drenagem, supressão da mata ciliar, ou ainda, fatores climáticos de ilhas de calor, *el niño*, etc. A fim de combater os efeitos de uma cheia nos rios, o homem busca construir reservatórios, diques, desviar o curso natural dos rios, entre outras medidas, que afetam de modo significativo as características qualitativas e quantitativas do corpo hídrico. Ainda assim, as enchentes continuam acontecendo e causando inúmeros danos ambientais, econômicos e sociais às populações.

No Mundo, são relatadas com cada vez mais frequência, enchentes nas áreas urbanas. Os países subdesenvolvidos e em processo de desenvolvimento são, geralmente, os mais afetados por esses eventos, visto o baixo desenvolvimento da sua economia e a falta das infraestruturas para o controle e prevenção destes acontecimentos. Países como China, Filipinas, Haiti, Índia e Paquistão são exemplos claros desta realidade. No entanto, nos países ditos desenvolvidos, como Alemanha, Estados Unidos da América, França, Inglaterra e Japão as enchentes e inundações ainda

trazem transtornos e prejuízos para a população e para seus respectivos governos.

No Brasil, as enchentes que acontecem em cidades tais como São Paulo, não são acontecimentos novos. Desde sua formação, são conhecidos relatos sobre áreas alagadiças. Todavia, a partir dos anos 20, essas enchentes se agravaram, nos grandes Rios da Região Metropolitana: Tietê, Tamanduateí e Pinheiros. Estes rios começaram a sofrer intervenções de retificação, com a construção de canais retilíneos, perdendo suas curvas e meandros. Em Porto Alegre, após a cidade ter enfrentado sua maior enchente no ano de 1941, o rio Guaíba atingiu 4,75 metros além da sua cota normal. Este evento deixou a população sem energia e água potável, resultando na construção de um sistema de drenagem e outras obras hidráulicas de controle para a Cidade. As obras realizadas diminuíram a frequência das inundações, porém nas últimas décadas as inundações voltaram a trazer preocupação para a cidade.

Na cidade de Curitiba, todos os anos são relatados, nos principais meios de comunicação, enchentes sofridas em vários pontos da cidade. Entre os danos registrados nos últimos anos encontram-se: Casas inundadas, carros arrastados, corte no fornecimento de eletricidade, pessoas desabrigadas e perdas de vidas humanas e outros inúmeros prejuízos materiais. Todos esses acontecimentos mostram que a cidade ainda não está preparada para enfrentar enchentes urbanas críticas.

O Rio Belém é um dos principais rios que extravasam periodicamente em Curitiba. Segundo Fendrich (2000), entre Abril de 1981 à Novembro de 1999, ocorreram dezoito extravazões no Rio Belém provocadas por eventos pluviais intensos na sua bacia hidrográfica. O episódio ocorrido em 1999 apresentou uma hora e meia de chuva ininterrupta, sendo que a maior parte da água escoou pela superfície. Essa enchente crítica do Rio Belém atingiu bairros densamente povoados desde a região norte até a região sul, no seu exutório. O mesmo Autor ainda salienta que controlar totalmente as enchentes não é possível, porém devem ser estabelecidas medidas estruturais e não estruturais, para promover a minimização dos seus efeitos.

Existem diversas medidas para o controle de cheias resultantes do processo de urbanização, entretanto sua eficácia está atrelada a sua correta execução, ao monitoramento e manutenção periódica e a articulação com as demais medidas de controle. Este

trabalho pretende responder a pergunta: Como podem ser articuladas as medidas estruturais e não estruturais para controle de enchentes na Bacia Hidrográfica do Rio Belém, localizada na cidade de Curitiba, a fim de prevenir e minimizar os impactos e prejuízos causados pelas enchentes críticas?

A realização deste estudo é desenvolvida por intermédio do levantamento de dados, legislação, normativas, projetos e outros materiais obtidos junto à Secretaria Municipal de Obras Públicas de Curitiba - SMOP, ao Instituto das Águas do Paraná, a Defesa Civil, Comitê de Bacia do Alto Iguaçu e Afluentes do Ribeira, e também material fornecido por técnicos e especialistas da área de atuação da drenagem urbana, bem como artigos, dissertações e teses vinculadas ao tema e local de estudo.

O desenvolvimento deste trabalho é importante instrumento, para contribuir junto aos estudos que vem sendo realizados na Bacia Hidrográfica do Rio Belém, com intuito de melhor compreender a dinâmica da bacia em estudo e assim poder auxiliar no entendimento das medidas de controle das enchentes implantadas e previstas para a Bacia do Rio Belém.

O presente trabalho é vinculado ao Núcleo de Estudos da Água – NEA, do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental - ENS, da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, em parceria com o Departamento de Hidráulica e Saneamento – DHS, da Universidade Federal do Paraná – UFPR, que vem atualmente desenvolvendo pesquisas nessa temática.

Espera-se com o presente trabalho, melhor compreender as medidas de controle de enchentes, com a finalidade de discutir as articulações entre as medidas e assim questionar a eficácia dos métodos que vem sendo aplicados para o controle de enchentes na Bacia Hidrográfica do Rio Belém, altamente urbanizada, com graus de impermeabilização dos solos altíssimos.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Discutir a articulação das medidas estruturais e não estruturais para o controle de enchentes na bacia hidrográfica urbana do Rio Belém, localizada na cidade de Curitiba.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Na bacia hidrográfica urbana do Rio Belém, buscar-se-á atingir os seguintes objetivos específicos:

- 1) Identificar as medidas estruturais e não estruturais para o controle das enchentes existentes, e previstas nos projetos e planos;
- 2) Analisar as interligações das medidas estruturais e não estruturais propostas;
- 3) Investigar os pontos frágeis das medidas existentes e a eficácia na aplicação das mesmas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. URBANIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Urbanização, conforme LIMONAD (1996) é uma forma de estruturação do território, onde a importância dos lugares varia historicamente em função dos condicionantes e processos sociais, econômicos, políticos e, por vezes, culturais que tomam corpo. Estas urbanizações ocorrem mais nas áreas ribeirinhas, visto a necessidade do homem para com os corpos hídricos.

O processo de urbanização ocasiona graves alterações nas bacias hidrográficas, e principalmente, nas características das enchentes. As modificações ocorridas devido ao uso e ocupação do solo são os principais fatores agravantes das enchentes. TUCCI (2005) relembra que com a impermeabilização do solo através de telhados, ruas, calçadas e pátios, a água que infiltrava passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial. O volume que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, com a urbanização, passa a escoar através de superfícies impermeáveis, condutos e canais, exigindo maior capacidade de escoamento e aumento das seções e declividades dos condutos ou dos canais.

VICENTINI (2000) alerta que a frequência e gravidade das enchentes, observadas em cidades e regiões metropolitanas como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Campinas e outras, demonstram que, os sistemas de drenagem estão se tornando insuficientes à medida que a ocupação da bacia vai se processando, ou ainda, à medida que as características de ocupação estão se modificando, demonstrando a necessidade de se procurar soluções alternativas, tanto estruturais como não estruturais, e mesmo em se conhecer mais detalhadamente os fenômenos climatológicos, hidrológicos e hidráulicos, que envolvem o problema.

Os principais impactos relacionados à urbanização, segundo MOTA (1999), podem ser divididos em sete categorias: Desmatamentos, movimentos de terra, impermeabilização do solo, aterramento de cursos d'água, destruição de ecossistemas, emissão de resíduos e emissão de poluentes. Os prejuízos ambientais relacionados a essas atividades são: Alterações climáticas, danos à flora e fauna, erosão e empobrecimento do solo, assoreamento de recursos hídricos, aumento do escoamento da água, redução da infiltração da água, alteração na drenagem das águas, enchentes e desfiguração da paisagem. A

urbanização por si só ocasiona impactos negativos na bacia hidrográfica e quando esta urbanização é desordenada, não planejada, seus impactos são ainda mais agravantes, gerando um ciclo vicioso de enchentes como pode ser observado na Figura 01.



Figura 01 - O ciclo vicioso das enchentes.

Fonte: SUDERHSA, 2002.

A urbanização desordenada desencadeia a ocupação das várzeas e concomitantemente a impermeabilização dos solos. Esta ocupação das regiões ribeirinhas induz ao confinamento dos rios, movimentação de terra por meio de aterros, remoção da mata ciliar, e consequentemente erosão das margens, e por fim a redução da seção de escoamento que seria destinada às vazões de enchente.

A impermeabilização do solo por sua vez implica na redução da infiltração das águas pluviais e no aumento e aceleração do escoamento superficial, consequentemente, no aumento das vazões de pico. As soluções tradicionalmente adotadas para essas questões são a canalização dos córregos e a ampliação da capacidade dos rios e canais, isto é, o conceito utilizado para promover a aceleração do escoamento, não resolvendo a questão, mas sim transferindo o problema para jusante.

Em condições naturais, a vazão dos rios é incrementada pela vazão provinda das nascentes, dos rios afluentes e das chuvas. Todavia, com a urbanização crescente, cada vez mais são observadas novas contribuições para essa vazão natural. A água da chuva que antes infiltrava em grande parte nos solos, e assim abastecia os aquíferos, agora se transforma em escoamento superficial devido a impermeabilização dos solos da bacia hidrográfica.

A produção de material sólido da drenagem urbana, formado pelos próprios sedimentos oriundos da erosão gerada pela precipitação, apresenta-se como um dos principais fatores relacionados à enchentes quando observados a ineficiência do sistema de limpeza dos rios e canais assoreados. Esta ineficiência aliada ao subdimensionamento do sistema de drenagem acaba, em consequência, provocando enchentes que, por conseguinte geram impactos negativos nas bacias hidrográficas.

A ocorrência de enchentes infere em inúmeras consequências que não se restringem apenas ao caráter econômico, com a perda de bens materiais privados e danos às estruturas públicas, mas também em termos ambientais e sociais como a transmissão de doenças de veiculação hídrica, contaminação dos mananciais, impactos ao ecossistema aquático, danos ao abastecimento público de água.

3.2. MEDIDAS DE CONTROLE DAS ENCHENTES

Tradicionalmente, a sociedade desenvolveu-se nas margens dos rios, no entanto com a conscientização e o aumento do poder aquisitivo, a população com maior renda deslocou-se para locais seguros contra as enchentes. A ausência de conscientização por parte da sociedade, e na maioria das vezes, a falta de opção para moradia levaram a população de baixa renda a habitar nas margens dos rios. Em meio a uma catástrofe, ou evento chuvoso crítico, essas pessoas são as mais prejudicadas.

A partir da observação do histórico das enchentes e de suas consequências, medidas para o controle das mesmas foram elaboradas a fim de amenizar os danos. As medidas para o controle das enchentes podem ser classificadas em: Medidas estruturais e medidas não estruturais. Este conjunto de medidas permite que os impactos causados pelas enchentes nas populações ribeirinhas sejam minimizados e assim suas perdas sejam minimizadas.

3.2.1. MEDIDAS ESTRUTURAIS

CHOCAT (1997) enuncia que os princípios que norteiam a utilização de técnicas compensatórias no controle de cheias e inundações são: A retenção da água por mais tempo na bacia hidrográfica com o intuito de regular as vazões; limitar a poluição dos meios naturais e favorecer a infiltração no solo das águas pluviais. As medidas estruturais são obras de engenharia realizadas com objetivo de reduzir o risco de enchentes em uma determinada bacia hidrográfica.

Segundo SIMONS et al., (1977) apud TUCCI (2007) tais medidas podem ser extensivas ou intensivas. As medidas extensivas são aquelas que agem na bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchente e controla a erosão da bacia. Por outro lado, as medidas intensivas são aquelas que agem ao longo dos rios e podem ser divididas em três tipos:

- a) Aceleram o escoamento: Construção de diques e *polders*, aumento da capacidade de descarga dos rios e corte de meandros;
- b) Retardam o escoamento: Reservatórios e/ou bacias de amortecimento;
- c) Desvio do escoamento: São obras como canais de desvios do leito principal.

No Quadro 01 são apresentadas as principais características das medidas estruturais.

Quadro 01: Medidas Estruturais de controle das enchentes.

MEDIDA	PRINCIPAL VANTAGEM	PRINCIPAL DESVANTAGEM	APLICAÇÃO
MEDIDAS EXTENSIVAS:			
Cobertura vegetal	Redução do pico de cheia	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
Controle de perda de solo	Reduz assoreamento	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
MEDIDAS INTENSIVAS:			
<i>Diques e polders</i>	Alto grau de proteção de uma área	Danos significativos caso falhe	Grandes rios
<i>Melhoria do canal:</i>			
Redução da rugosidade por desobstrução	Aumento da vazão com pouco investimento	Efeito localizado	Pequenos rios
Corte de meandro	Amplia a área protegida e acelera o escoamento	Impacto negativo em rio com fundo aluvionar	Área de inundação estreita
<i>Reservatórios:</i>			
Todos os reservatórios	Controle a jusante	Localização Difícil	Bacias intermediárias
Reservatórios com comportas	Mais eficiente com o mesmo volume	Vulnerável a erros humanos	Projetos de usos múltiplos
Reservatórios para cheias	Operação com o mínimo de perdas	Custo não compartilhado	Restrito ao controle de enchentes
<i>Mudança de Canal:</i>			
Caminho da cheia	Amortecimento de volume	Depende da topografia	Grandes bacias
Desvios	Reduz vazão do canal principal	Depende da topografia	Bacias médias e grandes

Fonte: SIMONS, 1977 apud TUCCI, 2005.

Algumas dessas medidas apresentadas no Quadro 01 são:

A) Controle da cobertura vegetal: A cobertura vegetal ligada ao processo precipitação-vazão, reduzindo as vazões máximas, devido ao amortecimento do escoamento. Outro ponto é a redução da erosão do solo que, o conseqüente assoreamento, pode aumentar, gradualmente, o nível dos rios e agravar as enchentes.

B) Controle da erosão do solo: O aumento da erosão implica na redução da área de escoamento dos rios e, conseqüentemente, no aumento de níveis de água dos rios. O problema da erosão dos solos está estreitamente ligado ao rápido crescimento da população e urbanização espontânea e, portanto, o controle da erosão e sua prevenção em grande parte depende do adequado planejamento de desenvolvimento urbano. O controle da erosão do solo pode ser realizado por meio da recomposição da vegetação ciliar, pequenos reservatórios, restauração das margens, infiltração, áreas úmidas (*wetland*), pavimentos permeáveis e práticas agrícolas corretas. Na Tabela 01 pode ser observada a eficiência na remoção de sedimentos suspensos e o custo anual das medidas de controle apresentadas.

Tabela 01: Eficiência na remoção de sedimentos suspensos e custo de medidas de controle.

Medida	Eficiência de remoção de sedimentos suspensos	Custo total anual (construção e operação)
Reservatório seco	35%	0,005 US\$/m ³
Área úmida (<i>wetland</i>)	68%	-
Reservatório parcialmente cheio	75%	0,001 US\$/m ³
Bacia de infiltração	75%	0,001 US\$/m ³
Áreas de filtros vegetais	70%	300 US\$/ha
Interceptadores	15%	200 US\$/ha(drenado)
Pavimento poroso	85%	0,014 US\$/m ²

Fonte: TUCCI e COLLISCHONN, 1998.

- a) **Recomposição da vegetação ciliar:** Refere-se a recuperação da vegetação ao longo da faixa de Áreas de Preservação Permanente (APP) quando a vegetação tiver sido removida por ação antrópica. A recomposição pode ser feita através do plantio de espécies originais da região ou pelo isolamento da área, após a remoção das espécies exóticas, para que a vegetação se recomponha naturalmente;
- b) **Reservatório de acumulação:** Podem ser secos quando atuam sobre o volume e com lâmina d'água, quando agem sobre os sedimentos e a qualidade da água.
- c) **Restauração de margens:** Consiste na estabilização e recomposição de margens de rios e canais rompidas pelo efeito da erosão, *piping*, sobrecarga do maciço, colapso de estruturas de contenção, entre outros. Os serviços de restauração de margens incluem: Retaludamento, revegetação, revestimento e estruturas de contenção. Quando viável, deve-se utilizar técnicas de renaturalização, procurando-se recompor as condições naturais do corpo hídrico.
- d) **Bacias de infiltração e/ou trincheiras de infiltração:** Permitem que o escoamento recupere as suas condições de infiltração;
- e) **Área úmida (*wetland*):** É utilizada como um reservatório com lâmina de água, porém com vegetação que absorve os nutrientes e retém os sedimentos;
- f) **Pavimentos permeáveis:** São dispositivos utilizados em passeios e estacionamentos que permitem uma maior infiltração da precipitação pluvial.

De acordo com a Tabela 01 pode-se observar que em geral as medidas expostas apresentam uma grande eficiência na remoção de sedimentos, exceto o reservatório seco e os interceptadores que se mostraram com uma baixa remoção. Entretanto, no que se referem aos custos totais anuais, estes variam para cada caso. A escolha da medida a ser executada varia em função da realidade local, levando em conta critérios ambientais, econômicos e sociais.

C) Diques ou *polders*: São muros laterais de terra ou concreto, inclinados ou retos, construídos a certa distância das margens, que protegem as áreas ribeirinhas contra o extravasamento dos rios. Os

efeitos de redução da largura do escoamento são o aumento do nível de água na seção, para a mesma vazão, aumento da velocidade e erosão das margens e do fundo e redução do tempo de escoamento da onda de cheia, agravando a situação dos locais a jusante. O maior risco existente na construção de um dique é a definição correta da enchente máxima provável, pois sempre existirá um risco de colapso, onde os danos serão piores, caso o mesmo não existisse.

D) Modificações do rio: As modificações na morfologia do rio visam aumentar a vazão para um mesmo nível, reduzindo a sua frequência de ocorrência. Isto pode ser obtido pelo aumento da seção transversal ou pelo aumento da velocidade. Para aumentar a velocidade é necessário reduzir a rugosidade, removendo obstruções do escoamento, efetuando a dragagem do rio, aumentando a declividade pelo corte de meandros ou aprofundando o rio.

E) Reservatórios: Acumulam temporariamente as águas pluviais com a função de amortecer as vazões de cheias e reduzir os riscos de enchentes à jusante (Figura 02). Os reservatórios podem ser em linha ou lateral, de acordo com seu posicionamento em relação ao canal que contribui para o reservatório. Os reservatórios de retenção concentrada (“piscinões”) podem ser utilizados quando existe relevo conveniente à montante da área atingida, mas requerem altos custos de construção e desapropriações.

Os reservatórios em linha são posicionados ao longo do canal. Possuem uma estrutura de barramento dotada de descarga de fundo e extravasor. A capacidade do descarregador é limitada à capacidade do trecho de canal a jusante. O extravasor funciona como um dispositivo de segurança para vazões superiores à vazão de projeto.

O reservatório lateral é implantado ao lado do canal e recebe a vazão excedente por um vertedor lateral. O seu nível de soleira é definido em função do nível máximo admitido no canal e as suas dimensões são determinadas em função da vazão excedente a ser lançada no reservatório. A descarga do reservatório lateral pode ser feita por gravidade, através de válvulas de retenção que se abrem quando o nível do canal baixa ou realizada por bombeamento quando o nível do fundo do reservatório estiver abaixo do nível do fundo do canal.

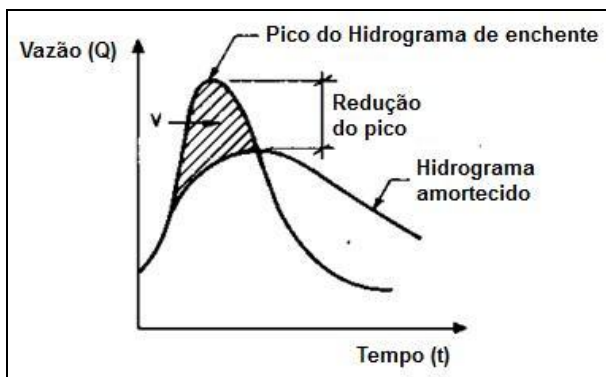


Figura 02 - Efeito de amortecimento do reservatório.

Fonte: Adaptado de TUCCI, 2005.

O reservatório de controle de enchentes funciona retendo o volume do hidrograma durante as enchentes, reduzindo o pico e o impacto a jusante do reservatório. O hidrograma amortecido de saída mostra a redução da vazão máxima devido ao volume de armazenamento (V). O exemplo (Figura 02) mostra que o reservatório tende a suavizar o hidrograma, reduzindo a vazão de pico, embora sem alterar o volume total do hidrograma.

Quando o reservatório é mantido seco, na estiagem, ele é chamado de reservatório (ou bacia) de detenção. No entanto, quando o reservatório mantém um volume permanente de água, é chamado de reservatório (ou bacia) de retenção das águas pluviais.

3.2.2. MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

O custo de proteção de uma área inundável por medidas estruturais, em geral, é superior ao de medidas não estruturais. TUCCI (2007) propõe que as medidas não estruturais de inundação podem ser agrupadas em: Regulamentação do uso da terra, construções à prova de enchentes, seguro de enchente, previsão e alerta de inundação.

A) SISTEMA DE PREVISÃO E ALERTA

Consiste em um sistema composto de obtenção de dados em tempo real, transmissão de informação para um centro de análise, previsão em tempo real com modelo matemático, e o Plano de Defesa Civil, que envolve todas as ações individuais ou de comunidade

necessárias, com o objetivo de reduzir as perdas durante as enchentes. Um sistema de alerta de previsão em tempo real envolve os seguintes aspectos:

- 1) **Sistema de coleta e transmissão de informações do tempo e hidrológicas:** Sistema de monitoramento por rede telemétrica, satélite ou radar e transmissão destas informações para o centro de previsão;
- 2) **Centro de Previsão:** Recepção e processamento de informações, modelo de previsão, avaliação e alerta;
- 3) **Defesa Civil:** Programas preventivos: Educação, mapa de alerta, locais críticos; alerta aos sistemas públicos: Escolas, hospitais, infra-estrutura; alerta a população de risco, remoção e proteção à população atingida durante a emergência ou nas enchentes.

Na ocorrência de eventos chuvosos críticos, há 3 níveis referentes ao sistema de alerta:

- a) **Nível de acompanhamento:** Nível onde existe um acompanhamento por parte da equipe técnica na evolução da enchente. A partir desse momento a Defesa Civil é alertada sobre a chegada de uma enchente. É iniciada então a previsão de níveis em tempo real;
- b) **Nível de alerta:** A partir deste nível é previsto que um nível futuro crítico será atingido dentro de um horizonte de tempo da previsão. Tanto a Defesa Civil como os administradores municipais passam a receber regularmente as previsões para a cidade e então a população recebe o alerta e as instruções da Defesa Civil;
- c) **Nível de emergência:** Neste nível ocorrem os prejuízos materiais e humanos. Essas informações são o nível real e previsto com antecedência, e o intervalo provável dos erros, obtidos dos modelos.

A fase de mitigação consiste em medidas que devem ser executadas para diminuir o prejuízo da população quando a enchente ocorre, isolando ruas e áreas de risco, remoção da população, animais e proteção de locais onde haja interesse público.

B) ZONEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS

Para regulamentar é necessário estabelecer o risco de inundação das diferentes cotas das áreas ribeirinhas. Nas áreas onde o risco é maior não é permitida a habitação e aconselha-se a utilização para recreação, desde que o investimento seja baixo e não se danifique, como parques e campos de esportes. As cotas com menores riscos são permitidas construções com precauções especiais. Além disso, são efetuadas recomendações quanto aos sistemas de esgoto cloacal, pluvial e viário. Esta regulamentação deve estar contida dentro do Plano Diretor da cidade. O zoneamento das áreas de inundação engloba as seguintes etapas:

- a) Determinação do risco das enchentes;
- b) Mapeamento das áreas sujeitas à enchente;
- c) Zoneamento e uso do solo.

C) CONSTRUÇÃO À PROVA DE ENCHENTES

É determinada como sendo o conjunto de medidas projetadas com o intuito de reduzir as perdas de construções localizadas nas várzeas de inundação durante a ocorrência das cheias. Algumas dessas medidas são:

- 1) Instalação de vedação temporária ou permanente nas aberturas das estruturas;
- 2) Elevação de estruturas existentes;
- 3) Construção de novas estruturas sob pilotis;
- 4) Construção de pequenas paredes ou diques circundando a estrutura, relocação ou proteção de materiais que possam ser danificados dentro da estrutura existente;
- 5) Relocação de estruturas para fora da área de inundação;
- 6) Uso de materiais resistentes à água ou novas estruturas;
- 7) Regulamentação da ocupação da área de inundação por delimitação através de cercas.

D) SEGURO CONTRA ENCHENTES

Segundo RIGHETTO e MENDIONDO (2004), as enchentes causam acidentes, que infelizmente muitas vidas são perdidas devido ao

crescimento acelerado e desordenado das cidades e dos grandes impactos ambientais causados pelo homem através de construções de barragens e usinas hidrelétricas, que em certos casos cidades são arrasadas pelas enchentes. Os critérios tradicionais de segurabilidade são em geral os seguintes: Possibilidade de algo ser quantificado, aleatoriedade, diversibilidade, condições e preços adequados ao risco. Com o decorrer do tempo, apesar de uma nova proporção assumida pelo risco, são as catástrofes provocadas por fenômenos naturais, como por exemplo, tempestades, enchentes e terremotos, que são responsáveis pelas maiores indenizações da indústria do seguro.

O seguro contra enchentes fornece proteção econômica para pessoas físicas ou jurídicas para eventuais perdas. Este seguro é uma medida preventiva viável para empreendimentos com alto valor agregado, no qual os proprietários possuem disponibilidade econômica de pagar o prêmio do seguro. Além disso, nem todas seguradoras estão dispostas a fazer o seguro contra enchentes caso não haja um sistema de resseguros para distribuição do risco. No entanto, quando a população que ocupa a área de inundação é de baixa renda este tipo de medida torna-se inviável devido a incapacidade da população de pagar o prêmio, além do baixo valor da propriedade.

Alguns bancos no Brasil, como a Caixa Econômica Federal, estão oferecendo seguros contra inundações e alagamentos para residências. Em caso de inundação causada pelo transbordamento de um rio ou canal e a água danificar o imóvel, este estará segurado. A residência também estará protegida de alagamentos causados por agentes externos ao imóvel, por exemplo, chuva ou rupturas de canalizações não pertencentes ao imóvel segurado, nem ao edifício ou conjunto do qual o imóvel faça parte. Não são cobertos por este seguro danos ao imóvel que sejam repetitivos, oriundos de vícios de construção, uso e desgaste do imóvel. Os sinistros decorrentes de inundação e/ou de alagamento, quando reincidentes e com características de repetitividade, receberão cobertura e indenização na primeira e na segunda ocorrência. Na segunda ocorrência, reincidência de eventos, a Seguradora informará a necessidade de providências, que devem ser tomadas pelo proprietário para eliminar os fatores causadores de repetitividade. Caso ocorra outro sinistro, uma terceira ocorrência, no prazo de três anos a contar do primeiro evento, a indenização ficará suspensa até a eliminação do fator causador da repetitividade. No entanto, a ocorrência de chuvas intensas seguidas não é um evento raro. No verão, a probabilidade de acontecer esta singularidade é maior, neste caso o Segurado perderia o seu

Direito? Segundo esta rede bancária, nos sinistros de danos físicos ao imóvel, não estão cobertos os danos provenientes de:

- 1) Uso e desgaste – danos verificados exclusivamente em razão da utilização normal do imóvel ou do decurso do tempo, como os que afetam revestimentos, instalações elétricas e hidráulicas, pintura, esquadrias, vidros, ferragens e pisos;
- 2) Má conservação ou falta de manutenção, ou seja, falta de cuidados usuais visando o funcionamento normal do imóvel, como limpeza de calhas, tubulações de esgoto, entre outros;
- 3) Atos dolosos do próprio segurado ou de quem o representar;
- 4) Água de chuva ou neve, quando penetrando diretamente no interior do imóvel, pelas portas, janelas, vitrinas, claraboias, respiradouros ou ventiladores abertos ou defeituosos;
- 5) Água de torneira ou registro, ainda que deixados abertos inadvertidamente;
- 6) Infiltração de água ou outra substância líquida através de pisos, paredes e tetos, salvo quando consequente de riscos cobertos;
- 7) Danos já existentes antes da contratação do seguro;
- 8) Água oriunda de ruptura de encanamentos, pertencentes ao próprio imóvel segurado ou ao edifício ou conjunto do qual o imóvel faça parte (fatores internos);
- 9) Trincas e fissuras no imóvel, sem ameaça de desmoronamento;
- 10) Obras de melhorias no imóvel não comunicadas à seguradora antes da ocorrência de sinistro;
- 11) Recuperação de qualquer dano não decorrente de sinistro;
- 12) Móveis, utensílios e eletrodomésticos;
- 13) Danos oriundos de vícios de construção (erro de cálculo, de projeto ou na execução da obra);
- 14) Danos elétricos, salvo quando consequentes de riscos cobertos;
- 15) Furacões, ciclones, erupções vulcânicas e outras convulsões da natureza;
- 16) Riscos aparentes;
- 17) Roubo ou furto;
- 18) Obras de infraestrutura.

São observadas inúmeras inconsistências na listagem de não cobertura do seguro apresentada pela rede bancária. Em relação ao item 4, no que se refere a água de chuva penetrando pelas portas, não há menção se estas deverão ser vedadas ou devem ser tomados outros

procedimentos. No item 15, são citadas erupções vulcânicas, todavia estes eventos não ocorrem no Brasil. Ainda no mesmo item, o termo “outras convulsões da natureza” não é um termo apropriado, além de não fornecer especificidade do evento. No último item, o termo “Obras de infraestrutura” deixa em aberto uma gama de possibilidades, necessitando de mais especificação em relação a este item.

No Quadro 02 são observadas algumas das medidas para o controle de enchentes adotadas no mundo.

Quadro 02: Comparação das medidas adotadas no exterior.

País	Medidas Estruturais & Avaliação	Medidas Não-estruturais & Avaliação
Áustria	<ul style="list-style-type: none">- Prioridade na melhoria de rios que sofreram grandes danos de enchentes- Planos de controle de enchentes ajustado segundo a necessidade da população humana	<ul style="list-style-type: none">- Sem permissão de desenvolvimento em áreas sujeitas a enchentes- Fundo de calamidadeMedidores automáticos do nível da água nos maiores setores
Rússia	<ul style="list-style-type: none">- Reservatórios multipropósito, diques- Plano Federal - uso da água e controle de enchentes	<ul style="list-style-type: none">- Identificação de áreas perigosas de inundação- Seguro nacional
França	<ul style="list-style-type: none">- Melhoria de tecnologias tradicionais e modernas- Represa de multipropósito	<ul style="list-style-type: none">- Otimização do sistema de alerta de enchentes- Radar de precipitação
Grécia	<ul style="list-style-type: none">- Dique, represa, reservatório, drenagem	<ul style="list-style-type: none">- Sem informação
EUA	<ul style="list-style-type: none">- Investimento contínuo desde 1936	<ul style="list-style-type: none">- Mapa da área de inundação, Previsão de enchente, Sistema de alerta
Romênia	<ul style="list-style-type: none">- Dique, represa multipropósito, reflorestamento e gerenciamento	<ul style="list-style-type: none">- Identificação da área de inundação por lei especial.- A previsão de enchentes e sistema de alerta é efetivo para rios muito grandes
Japão	<ul style="list-style-type: none">- Plano de controle de enchentes (dique, represa multipropósito, bacia de retenção e cursos)	<ul style="list-style-type: none">- Plano de controle de enchentes com medidas estruturais

Fonte: Governo do Paraná & JICA apud GEISSLER & LOCH, 2004.

Além das medidas estruturais e não estruturais apresentadas, outra medida usualmente utilizada, em conjunto com as citadas é a

indução da infiltração das águas pluviais no solo, quando este permite, para o amortecimento de vazões.

3.3. INFILTRAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS NO SOLO

O processo da infiltração das águas pluviais no solo consiste em um processo hidrológico pelo qual a água penetra nas camadas superficiais do solo e se move no sentido para baixo, em direção ao lençol freático. Para que ocorra a infiltração devem-se considerar os seguintes fatores:

- a) Água disponível para infiltrar;
- b) Constituição e declividade do solo;
- c) Cobertura vegetal;
- d) Teor de umidade inicial.

FRAGOSO et Al. (2009) ensinam que a infiltração no solo é computada por meio de duas grandezas principais: A capacidade de campo e a velocidade de infiltração. A capacidade de infiltração, expressa geralmente em mm/h, é a medida mais utilizada. Ela pode ser entendida como a razão máxima com que um solo, em uma dada condição, consegue absorver água e atenuar essa taxa de absorção com o tempo. Já a velocidade de infiltração, pode ser definida como a velocidade média com que a água atravessa o solo, ou também, como a vazão dividida pela área da seção transversal do escoamento.

Existem várias maneiras de promover um aumento da infiltração em lotes urbanos. Os chamados dispositivos de controle pluvial na fonte são boas alternativas com um custo razoavelmente baixo MEDEIROS et Al. (2011). Basicamente são os seguintes: Pavimento permeável, trincheira de infiltração, micro-reservatório e bacia de retenção. Dessa forma, o escoamento superficial é diminuído já no próprio local. Alguns desses dispositivos podem ser observados na Figura 03.

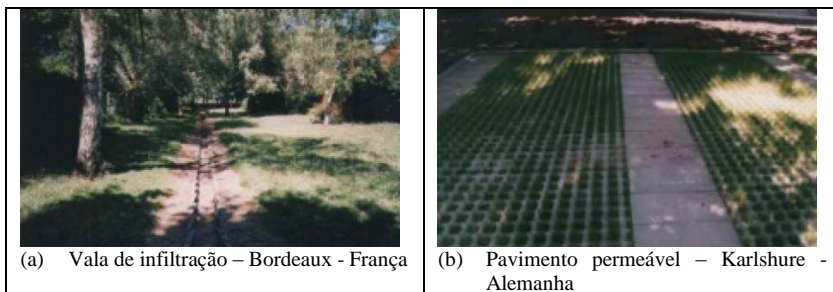


Figura 03 – Exemplos de dispositivos de infiltração.

Fonte: CHOCAT, 1997.

Conhecendo as características do solo, a infiltração pode se tornar um fator favorável para o auxílio no controle de enchentes por ajudar no amortecimento de vazões, quando associadas a reservatórios de retenção complementadas com valas de infiltração implantadas próximas as vias ou em residências. Todavia a utilização desta técnica, sem o devido estudo prévio, sem análise do solo para verificação de sua permeabilidade, pode acarretar em prejuízos econômicos, visto a ineficiência do processo.

3.4. APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Nas últimas décadas a conscientização pela conservação dos recursos hídricos tem-se intensificado e o aproveitamento das águas pluviais vem ganhando espaço para substituir a água fornecida pelas concessionárias. Além da conservação dos recursos hídricos essa medida auxilia no amortecimento das vazões geradas pelas chuvas, pois armazena uma parcela da água que outrora escoaria diretamente através do sistema de drenagem. A água de chuva nos centros urbanos pode ser utilizada para fins que não necessitem sua potabilidade, na descarga de bacias sanitárias, na irrigação de jardins, na lavagem de calçadas, equipamentos e carros.

Fatores como a disponibilidade hídrica, tarifas de água elevadas, existência de lei específica, locais com longos períodos de estiagem, ou regiões onde a aridez mostra-se presente. A água pluvial pode ser aproveitada também para outros usos, desde que atendam aos requisitos de qualidade e segurança sanitária, para os diversos fins e seus usuários. O tratamento é necessário quando a qualidade da água de chuva armazenada compromete sua utilização ou quando sua finalidade demandar uma melhor qualidade. A água da chuva também é

aproveitada para fins potáveis nos casos de regiões onde esta necessidade é justificada.

No entanto, quando se pretende utilizar a água de chuva deve ser tomado o devido cuidado com a qualidade que se deseja. Recomenda-se que o volume dos primeiros minutos da chuva, *first flush*, seja descartado, pois este atua na limpeza do telhado ou da superfície utilizada para coleta da água da chuva. Essa primeira água contém folhas, fezes de pássaros e outros sedimentos que estavam aderidos a superfície do telhado. A rega de jardim e outros usos não precisam do descarte do *first flush*, a não ser quando há a possibilidade de contato das pessoas com essa água. Alguns autores recomendam sempre a presença do reservatório de auto-limpeza.

Na ausência de informações TOMAZ (2007) recomenda o valor mínimo de 2 mm de chuva/m² de telhado para a estimativa do volume a ser descartado. A manutenção do sistema deve ser constante para evitar qualquer tipo de contaminação. Outro cuidado que deve ser tomado é não ligar o sistema de aproveitamento de água da chuva ao sistema de abastecimento de água potável, ambos devem ser independentes e devidamente sinalizados. Existem diversos sistemas de aproveitamento de água de chuva, as etapas básicas do sistema de coleta encontram-se ilustrados na Figura 04.

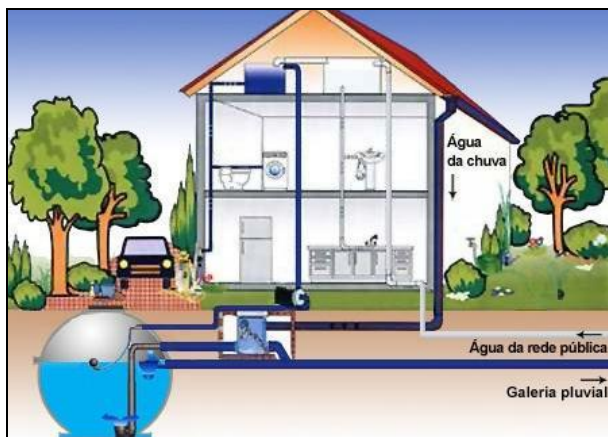


Figura 04 – Sistema de aproveitamento de água da chuva.

Fonte: www.bellacalha.com.br

A chuva quando encontra a superfície do telhado escoar até chegar nas calhas, onde então a água é conduzida por condutores verticais até o

reservatório de descarte da primeira água. Após atingir o volume dimensionado, para efetuar a limpeza do telhado, o reservatório de descarte é fechado e a água armazenada é lançada na rede de drenagem urbana. Com o reservatório de descarte fechado a água, agora com teor de sedimentos reduzido, é encaminhada ao reservatório de água pluvial onde é armazenado. Caso o reservatório atinja sua capacidade total, a água excedente é extravasada para a galeria pluvial. A água pluvial armazenada no reservatório subterrâneo é bombeada para um reservatório superior, independente do reservatório de abastecimento para consumo humano, e em seguida distribuído para ser utilizada para fins não nobres, como a descarga de bacias sanitárias, rega de jardins, lavagem de carros, entre outros.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. LOCAL DE ESTUDO

O presente trabalho tem como local de estudo a Bacia Hidrográfica do Rio Belém, localizada na cidade de Curitiba, capital do Estado do Paraná. O Município é localizado na Região Sul do Brasil, de latitude 25°25'48" Sul e longitude 49°16'15" Oeste. Dados do IBGE (2010) indicaram uma população de 1.751.907 habitantes, com aproximadamente 51m² de área verde por habitante. A cidade possui uma área de 432 km², dividida em administrações regionais que são subdivididas em 75 bairros.

Vários fatores interferem na característica climática do Município de Curitiba. A sua localização em relação ao Trópico de Capricórnio, a topografia do primeiro planalto, a altitude média do município de 954,6m acima do nível do mar, bem como a barreira geográfica natural da Serra do Mar, são os principais fatores responsáveis pelo clima de Curitiba. Tomando como referência a classificação de Köppen, a Cidade localiza-se na região climática Cfb, apresentando o clima temperado (ou subtropical) úmido. FENDRICH (2002) afirma que a geologia do Município de Curitiba compreende duas partes fundamentais. A primeira, representada pelos terrenos pré-cambrianos formados, respectivamente, pelas rochas do Complexo Cristalino e do Grupo Açungui e, a segunda, constituída pelas formações cenozoicas, a Formação Guabirota e as sequências mais recentes. Estas últimas são responsáveis pela baixa permeabilidade dos solos da capital paranaense.

4.1.1. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM

A Bacia Hidrográfica do Rio Belém (Figura 05) está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu. A bacia do Rio Belém é considerada de extrema importância para a cidade de Curitiba, pois seu talvegue principal encontra-se completamente inserido no município, cortando a cidade na direção norte-sul, atravessando pontos importantes como parques e áreas densamente povoadas como o centro da cidade. Sua extensão é de 21 km, nascendo no Bairro Cachoeira (cota topográfica 990 metros) e desagando na margem direita do Rio Iguaçu, no bairro Boqueirão (cota topográfica 870 metros). A Bacia do Rio Belém é composta por dez sub-bacias correspondentes aos seus tributários: Pilarzinho, Ivo, Juvevê, Água Verde, Pinheirinho, Guaíra, Evaristo da Veiga, Luís José dos Santos, Waldemar dos Campos e Areiãozinho.



Figura 05 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Belém.
Fonte: FENDRICH 2002, Google e SUDERHSA 2002.

Estão inseridos na Bacia, 48 bairros, com ocupação residencial, de comércio e serviços, que representam as maiores densidades demográficas da Região Metropolitana de Curitiba. A população dos bairros que possuem abrangência total ou parcial na bacia do Belém

totaliza 940.033 habitantes, o que representa 59,2% da população de Curitiba, FORTUNATO (2006).

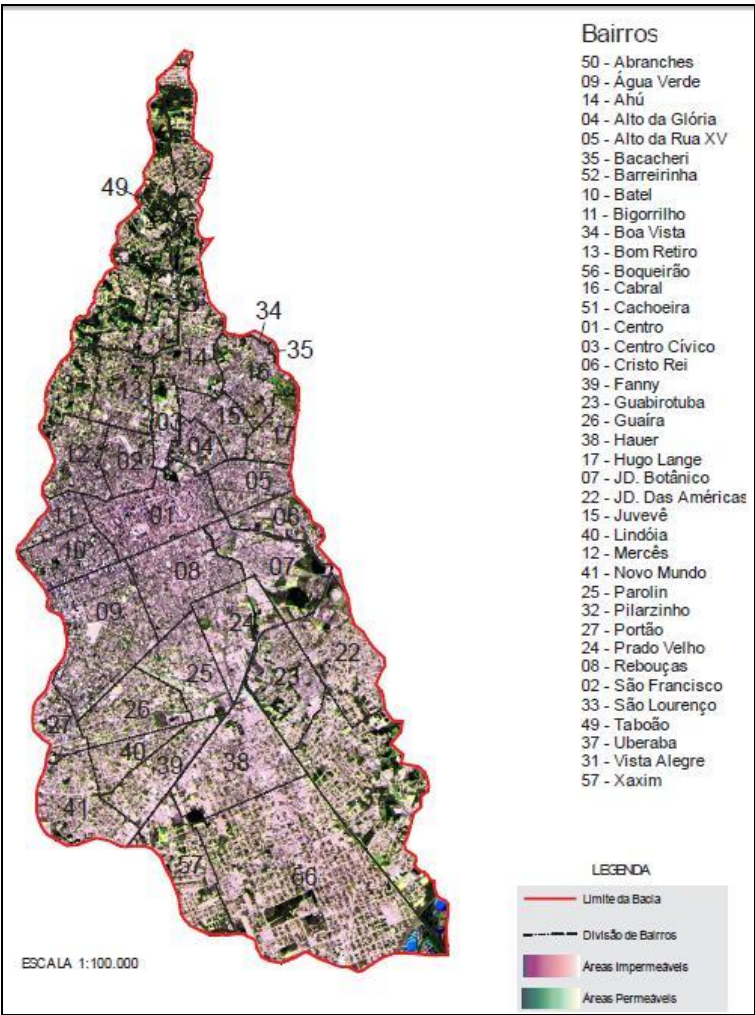


Figura 06 - Bairros da Bacia Hidrográfica do Rio Belém.
Fonte: FENDRICH, 2002.

No norte da bacia encontram-se os bairros Cachoeira, Barreirinha, Abranches, São Lourenço, Pilarzinho, Bom Retiro, Vista Alegre e Ahú. No centro da bacia estão localizados o Centro, Centro

Cívico, Juvevê, Cabral, São Francisco, Mercês, Alto da Glória, Hugo Lange, Alto da XV, Bigorrilho, Batel, Jardim Botânico, Cristo Rei, Rebouças, Água Verde, Prado Velho, Parolin, Jardim das Américas e Guabirotuba. No sul da Bacia, localizam-se o Portão, Guaíra, Hauer, Uberaba, Boqueirão, Fanny, Lindóia, Novo Mundo e Xaxim.

Entre os equipamentos de lazer que se encontram na Bacia Hidrográfica do Rio Belém estão o Jardim Botânico, Parque Municipal São Lourenço, o Bosque do Papa João Paulo II, Passeio Público, Teatro Guaíra, Arena da Baixada, Vila Capanema e Centro Cívico. Ao longo dos seus tributários encontra-se ainda a Ópera de Arame, a Pedreira Zaninelli, onde está localizada a Universidade Livre do Meio Ambiente, e o Bosque Alemão, na margem direita do Rio Belém. Na Figura 07 são observados alguns dos pontos citados e os seus principais tributários.

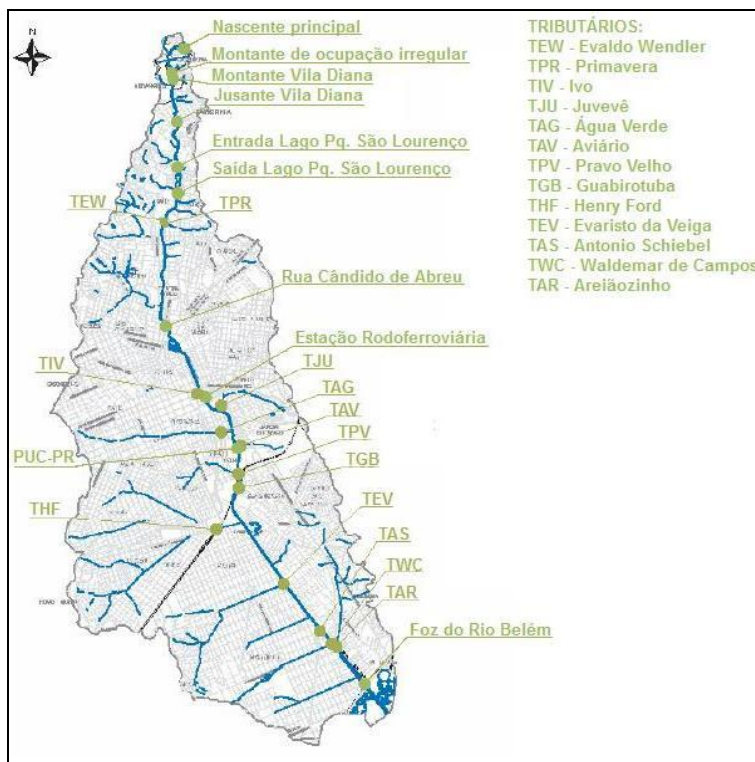


Figura 07 – Principais pontos e tributários do Rio Belém. Fonte: Adaptado de BOLLMANN & EDWIGES, 2008.

Importantes equipamentos administrativos estão também presentes como a Reitoria da UFPR, a Prefeitura do Município e os poderes Executivo, Legislativo e Judiciário do Estado do Paraná. A área de drenagem da bacia de 88 km² representa aproximadamente 20% da área do Município de Curitiba.

4.2. MEDIDAS DE CONTROLE DE ENCHENTES EXISTENTES, PROPOSTAS E PREVISTAS

Os planos, projetos, legislações, normas e outros materiais relacionados às medidas de controle de enchentes existentes e previstas para implantação na bacia hidrográfica do Rio Belém foram pesquisadas junto aos órgãos executores e gestores da bacia hidrográfica em estudo, além da revisão dos principais referenciais teóricos dos domínios da Hidrologia e Drenagem Urbana. Como resultado, foram identificadas as medidas estruturais e não estruturais existentes e seus problemas relacionados às enchentes, as medidas propostas, as implementadas e a implementar, e a expectativa relacionada ao modo como cada uma delas contribui para amenizar os problemas identificados. Entre os agentes responsáveis pela execução e gestão das medidas de controle de enchentes encontram-se:

1) Instituto das Águas do Paraná

Órgão Estadual responsável pelo planejamento e execução de ações e projetos técnicos de proteção, conservação, recuperação e gestão de recursos hídricos superficiais e subterrâneos para preservar e restaurar aspectos quantitativos e qualitativos das águas; monitoramento da qualidade e quantidade dos recursos hídricos; execução de serviços técnicos de engenharia para controle de problemas de erosão, cheias e inundações, degradação de fundos de vales e poluição das águas; difusão de informações sobre recursos hídricos; elaboração e implantação do plano estadual de recursos hídricos e planos de bacias hidrográficas e funcionamento dos comitês de bacias, além de gerir o fundo estadual de recursos hídricos.

2) Secretaria Municipal de Meio Ambiente - SMMA

Órgão responsável pela elaboração e execução da Política Ambiental do Município com o desenvolvimento de ações no de

monitoramento e controle ambiental, implantação e manutenção de espaços de lazer, preservação e recreação, dos programas voltados a questão dos resíduos sólidos e de educação ambiental.

3) Secretaria Municipal de Obras Públicas - SMOP

Órgão executivo da Prefeitura Municipal de Curitiba que visa a implantação de programas de obras municipais de engenharia nas áreas de Edificação, Pavimentação, Saneamento e Iluminação Pública.

4) Secretaria Municipal de Urbanismo - SMU

Órgão responsável pela emissão de alvarás de construção, Certificado de Vistoria de Conclusão de Obras (CVCO), alvarás comerciais e fiscalização de obras.

5) Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba - IPPUC

Órgão gestor responsável pela coordenação do processo de planejamento e monitoramento urbano da cidade, integrando as ações do Município com as da Região Metropolitana, por meio do desenvolvimento de planos e projetos urbanísticos alinhados ao Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano.

6) Comitê das Bacias do Alto Rio Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira - COALIAR

Vinculado ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos, o Comitê possui atribuições normativas, deliberativas e consultivas, a serem exercidas em sua área de atuação e jurisdição, compreendidas pelas bacias hidrográficas do Alto Iguaçu e afluentes do Alto Ribeira.

7) Projeto Viva Belém – AMA São Lourenço

Uma iniciativa da associação dos moradores do bairro São Lourenço, em Curitiba, com objetivo de promover a recuperação do Rio Belém com mais de 900 ações sócio-ambientais realizadas.

4.3. ARTICULAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS DE CONTROLE DE ENCHENTES

Por intermédio do material obtido na pesquisa das medidas de controle de enchentes existentes e previstas para a bacia do rio Belém nos próximos anos, pretendeu-se estabelecer as interligações entre as medidas levantadas. Este vínculo é realizado identificando os pontos comuns e determinando de que modo são executadas e geridas, e quais os atores sociais direta e indiretamente envolvidos para que a medida estabelecida desempenhe sua função desejada.

4.4. ANÁLISE DA SENSIBILIDADE DAS MEDIDAS DE CONTROLE

Os pontos frágeis investigados das medidas de controle de enchentes foram qualificados em categorias pelo próprio autor com a finalidade de questionar as características intrínsecas a estas medidas. Para realizar a qualificação das medidas, foram estabelecidas 9 categorias: Tipo, aplicação, gestão, manutenção, investimento, influência no escoamento, participação da sociedade e impactos. As categorias e suas subcategorias são apresentadas no diagrama da Figura 08.

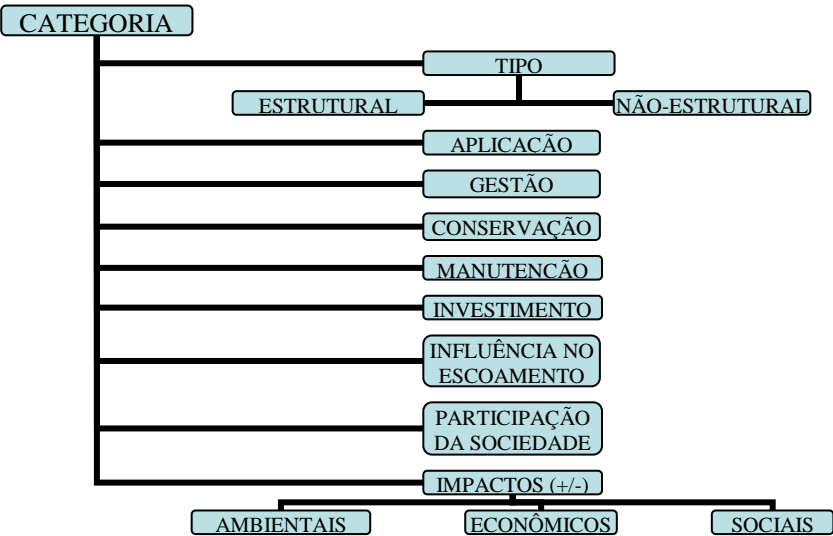


Figura 08 - Qualificação das medidas de controle de enchentes urbanas.

Dentro das categorias pré-estabelecidas foram discutidos os seguintes aspectos:

Tipo: Definição da natureza estrutural ou não estrutural da medida;

Aplicação: Quanto ao grau de abrangência da medida, sendo esta para pequenos rios, grandes rios, pequenas bacias, bacias intermediárias, grandes bacias;

Gestão: Órgãos envolvidos na gestão das medidas apresentadas e questionamento de suas competências;

Conservação: Monitoramento do estado de suas estruturas e seu funcionamento conforme projetado;

Manutenção: Serão abordados os custos, grau de dificuldade desta e periodicidade;

Investimento: Disponibilidade de recursos para implantação e ações periódicas;

Influência no escoamento: Efeitos de aceleração, retardamento ou desvio do escoamento ocasionado pela medida de controle;

Participação da sociedade: Existência de participação dos atores sociais e o modo como estes atuam;

Impactos: Ambientais, econômicos e sociais;

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A realização de pesquisas bibliográficas, as visitas aos Órgãos gestores e executores responsáveis pela drenagem urbana no Município de Curitiba e as entrevistas com os profissionais e outros atores envolvidos no estudo das enchentes urbanas na Bacia Hidrográfica do Rio Belém possibilitaram a compilação das medidas de controle de enchentes existentes, previstas e propostas, para a discussão à luz das categorias estabelecidas anteriormente.

Entre os tipos de medidas de controle de enchentes existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Belém encontram-se como medidas estruturais diversos canais, galerias e alguns reservatórios de retenção, como o lago do Parque São Lourenço. Por estar localizada dentro do Município de Curitiba, a Bacia do Belém está sujeita às medidas não estruturais estabelecidas para a cidade e região, como o Plano de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu, a Lei de Uso e Ocupação do Solo, a Lei do Setor Especial do Anel de Conservação Sanitário-

Ambiental e outras ferramentas para o controle das águas pluviais. Considerando a importância da Bacia do Belém para o Município de Curitiba, há necessidade de medidas não estruturais específicas para a bacia.

As medidas estruturais da Bacia Hidrográfica do Rio Belém são aplicadas desde pequenos córregos, através da canalização e retificação dos mesmos, até rios maiores como o próprio Rio Belém, que apresenta uma área de drenagem da bacia de 88 km², sendo um importante tributário do Rio Iguaçu. Por outro lado, as medidas não estruturais são aplicadas além dos limites da bacia, abrangendo toda Região Metropolitana de Curitiba, como no caso do Plano Diretor de Drenagem da RMC. Outras medidas apenas atuando dentro dos limites de Curitiba, como o Decreto Municipal nº 176 de Março de 2007.

Diversos são os atores envolvidos na gestão das medidas para o controle de enchentes da Bacia Hidrográfica do Rio Belém. O Instituto Águas do Paraná é executor de programas, projetos, obras e outras ações, cujo objetivo é prestar apoio técnico e financeiro às Prefeituras Municipais para prevenção e controle de cheias e inundações nas diversas regiões do Estado do Paraná. No município de Curitiba a SMOP é o Órgão executor e fiscalizador das obras para o combate às enchentes com o apoio do Instituto Águas do Paraná.

Fica a cargo do IPPUC a gestão e monitoramento do planejamento urbano da cidade de Curitiba. A SMMA é responsável pela gestão dos parques e áreas de preservação permanente do Município, muitas vezes atuando em conjunto com a SMOP e o IPPUC. Entretanto, a comunicação e troca de informações entre as instituições citadas, assim como a disponibilização de materiais à sociedade são questões a serem discutidas. Existe certa dificuldade para obtenção de dados e informações referentes às atividades realizadas pelos Órgãos atuantes na Bacia Hidrográfica do Rio Belém.

O estado de conservação das medidas de controle existentes é preocupante. A necessidade de manutenção das galerias e canais da bacia é visível. No canal do Rio Belém, em alguns trechos é observada a deterioração das paredes do canal, ocorrendo também a formação de ilhas de sedimentos. Em alguns casos, em trecho localizado entre residências no canal do Rio Água Verde houve o desmoronamento das paredes do canal, bloqueando parte da seção do canal, interferindo deste modo no escoamento. Em casos específicos como este é necessário a participação da população para que esta entre em contato com a SMOP, a fim de proceder as medidas necessárias. Os lagos que atuam como

reservatórios de retenção na bacia recebem constantemente operações de limpeza das margens e trabalhos de jardinagem e paisagismo pela SMMA. Entretanto, a manutenção dos lagos não ocorre com periodicidade e implicando no acúmulo de sedimentos nos fundos dos lagos, diminuindo o volume útil de armazenamento.

Os investimentos destinados à realização de obras para o controle de enchentes e manutenções na Bacia Hidrográfica do Rio Belém são oriundos da Prefeitura Municipal de Curitiba, pelo fato da bacia estar situada dentro dos limites do Município. Todavia, em sua foz quando se encontra com o Rio Iguaçu, o financiamento para estas obras passa a corresponder a uma associação entre a Prefeitura de Curitiba e o Governo do Estado do Paraná. Eventualmente os recursos são oriundos do Governo Federal, através de fundos do Plano de Aceleração do Crescimento - PAC. Há falta de investimento no setor, devido à ausência de manutenções nas estruturas existentes e a não execução das medidas propostas pelo Plano Diretor de Drenagem da Região Metropolitana de Curitiba. O Saneamento ainda não representa prioridade de investimento para a Prefeitura de Curitiba.

As medidas estruturais em geral implantadas na bacia, consistem na retificação dos rios em canais e galerias com o objetivo de aumentar a velocidade do escoamento das águas pluviais, transferindo deste modo os problemas à jusante. Os reservatórios de retenção, o Lago do Parque São Lourenço e os Lagos do Passeio Público, promovem o efeito contrário, diminuem a velocidade de escoamento, amenizando os efeitos à jusante. Na mesma linha dos reservatórios de retenção, os Decretos Municipais nº176 e nº293, auxiliam no retardamento através da detenção e do aproveitamento das águas pluviais. Deste modo, os cidadãos apresentam um importante compromisso no auxílio do amortecimento das vazões, consequentemente no escoamento.

A participação da sociedade ainda é tímida na Bacia Hidrográfica do Rio Belém. BOLLMANN e CARVALHO (2008) mostraram que a população residente não tem conhecimento que se encontra inserida na Bacia do Belém e desconsidera a importância da qualidade deste na saúde humana. Esta desinformação é reflexo da inexistência de um Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Belém. A Associação dos Moradores e Amigos do São Lourenço e a Campanha Abrace esta Causa, que promovem a revitalização do Rio Belém, são os poucos grupos atuantes na bacia. No entanto, nos últimos anos, estas instituições tem muito colaborado. Por intermédio de atividades de acompanhamento das nascentes e dos rios que formam a Bacia do Rio

Belém e em conjunto com projetos de educação ambiental, estes grupos têm atuado na conscientização da população residente e solicitado, junto a Prefeitura, medidas para a revitalização dos rios e controle de enchentes.

A implantação de medidas para o controle de enchentes ocasionaram diversas alterações nos locais onde foram executadas na Bacia Hidrográfica do Rio Belém. Os impactos gerados envolvem diversos aspectos ambientais, econômicos e sociais. A construção de canais em rios como Água Verde, Ivo, Juvevê e Belém descaracterizaram de forma significativa estes rios. O corte de meandros, a retificação e a supressão da mata ciliar estão entre os impactos gerados nos rios. Em outros casos, os rios foram inseridos em galerias, enterrados, completamente descaracterizados.

Ambos os tipos de medidas implicaram na transferência de impactos à jusante, deixando a população vizinha a mercê de eventos hidrológicos como as enchentes. Por outro lado, os reservatórios de retenção existentes em parques como o Passeio Público e o São Lourenço por mais que tenham alterado consideravelmente o ecossistema local, criaram um ambiente agradável ligando natureza e lazer para os cidadãos, melhorando assim a qualidade de vida da região. Diferentemente dos impactos provocados por canais e galerias, onde rio perdeu seu papel em meio à sociedade, os reservatórios promovem a interação da população com a natureza.

Após a abordagem geral das medidas de controle de enchentes na Bacia Hidrográfica do Rio Belém, as medidas estruturais e não estruturais, existentes, previstas e propostas são discutidas caso a caso observando as categorias estabelecidas: Tipo, Aplicação, Gestão, Conservação, Manutenção, Investimento, Influência no Escoamento, Participação da Sociedade e Impactos.

5.1. MEDIDAS ESTRUTURAIS

5.1.1. MEDIDAS ESTRUTURAIS EXISTENTES

No Século XIX foi proposta a recuperação de áreas “insalubres” de Curitiba. As obras de engenharia que foram construídas pelo Poder Público desde 1886, desconsideraram as causas reais do problema e transferiram as consequências para municípios situados a jusante. Há medidas estruturais previstas além de 2015. No presente momento, segundo o SMOP, não há medidas de controle de enchentes sendo

executadas no Município. As medidas para o combate as enchentes utilizadas na cidade de Curitiba, mais especificamente na Bacia do Rio Belém, consistem de um modo geral em medidas intensivas por intermédio de canalizações parciais ou totais, desvios, alteração na seção transversal, retificação e também a construção de reservatórios de detenção e de retenção.

GEISSLER e LOCH (2004), por intermédio da síntese de diversos trabalhos e estudos realizados na cidade de Curitiba, elaboraram um quadro contendo as medidas estruturais adotadas desde 1986 na Cidade, com o intuito de conter as enchentes futuras. Visto que a área de abrangência do presente trabalho refere-se apenas a bacia hidrográfica do Rio Belém o Quadro 03 foi adaptado indicando somente as medidas de controle de enchentes existentes na malha fluvial da bacia do rio Belém.

Quadro 03: Medidas estruturais implantadas na Bacia Hidrográfica do Rio Belém.

Ano	Rio	Medida	Área	Vazão-Q	População
1886	Belém	Canais e Lago	Antigo tanque do Bittencourt, cerca de 10000 m ² escavado e triplicada a área para formar o lago do Passeio Público com mais de 30.000 m ²	-	15 mil
1943	Água Verde	Galerias	4,74 km ² na rua 5 de maio até o rio Belém + 38,79 km ² para jusante	28,5 m ³ /s	143 mil
	Belém	Canais	17,70 km ² , lago do Passeio Público + 24,54 km ² Av. Getúlio Vargas até o rio Juvevê + 32,58 km ² foz do rio Juvevê até o rio Água Verde = 74,82 km ²	61,0 + 24,54 + 126,0 = 170 m ³ /s	
	Ivo		6,73 km ² rua Voluntários da Pátria até o rio Belém	49,7 m ³ /s	
	Juvevê		6,20 km ² confluência do rio Cajuru até o rio Belém	39,0 m ³ /s	

Quadro 03: Medidas estruturais implantadas na Bacia Hidrográfica do Rio Belém. (Continuação)

1970-72	Ivo	Canal parabólico foz rio Belém	6,73 km ²	79,0	420 mil
	Belém	Galeria celular	Mais 21,12 km ² , 2(5,00x4,60m) Av. Afonso Camargo próxima atual Terminal Rodoferroviário	130,0 m ³ /s	
1972	Belém	Barragem	50.000 m ² , lago do São Lourenço	-	
1994-95	Ivo	Galeria Celular	2,4 km ² (4,0x3,0m) rua Vicente Machado esquina com rua Visconde de Nacar (galeria rio Bigorrilho) extensão do canal executado pelo DNOS 1970-72. Este trecho extravasou 5 vezes de 1995-1999	31,6	660 mil bacia rio Belém, total em Curitiba 1.586.848

Fonte: Adaptado de GEISSLER&LOCH, 2004.

No Quadro 03 observam-se as características (ano da execução da obra, rio afetado pela obra, medida aplicada, área abrangida pela estrutura, vazão após execução e população da bacia no ano de implantação) das principais medidas estruturais implantadas na bacia do Rio Belém. Estas medidas utilizadas pelo governo de Curitiba para o controle das enchentes urbanas serão apresentadas a seguir a partir de informações obtidas em jornais, sites que apresentam a memória da região e as próprias observações do Autor através de visitas realizadas nos locais onde existem as medidas implantadas.

5.1.1.1. Lago do Parque São Lourenço – Rio Belém

O Parque São Lourenço é um dos principais parques da cidade de Curitiba e está localizado no bairro homônimo. O Parque (Figura 09) foi inaugurado em 1972, com área de 204 mil m² de área. Por sua condição de APP, o Órgão encarregado pelo gerenciamento e manutenção de sua área é a Secretaria Municipal do Meio Ambiente. A criação do Parque iniciou-se após ocorrência de uma enchente no Rio Belém, em 1970, que provocou o rompimento da represa de São Lourenço, paralisando um curtume e a fábrica de cola, que funcionavam no local.

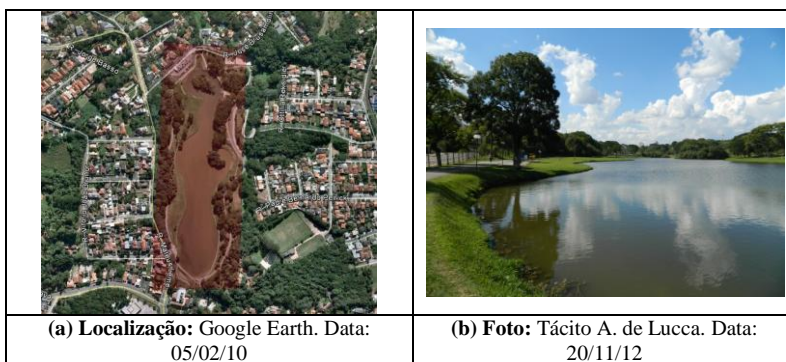


Figura 09 – Lago do Parque São Lourenço.

O Parque foi então construído com as obras de contenção de cheias e de recuperação da área. O lago do Parque São Lourenço é formado pelo represamento do Rio Belém, criando um reservatório de retenção. A área de aplicação da medida é extremamente grande

quando comparada a seção de escoamento do Rio Belém a montante, podendo a medida, neste caso, ser aplicada para rios com maiores contribuições. A instalação de comportas na saída do lago proporciona flexibilidade no controle das cheias do Rio Bélem, pois antes de receber contribuição em seu volume de uma precipitação prevista, uma parte do volume do lago é liberada pelas comportas aumentando assim o volume para a retenção da chuva iminente.

O lago do Parque São Lourenço, assim como as lagoas de outros parques apresentam um grande acúmulo de sedimentos devido ao assoreamento e seu volume de contribuição para o armazenamento das águas pluviais apresenta-se reduzido. Medidas estruturais como estas, quando implantadas devem receber manutenção constante pelo órgão responsável a fim de evitar o acúmulo de sedimentos. Desde a criação do Parque São Lourenço, o lago sofreu quatro operações de dragagem, sendo a última (Figura 10) iniciada em novembro de 2011 e com previsão de encerramento em fevereiro de 2013, no entanto esta se encontra parada por questões contratuais prejudicando deste modo o processo de manutenção.

O material retirado do fundo do lago é armazenado em *bags* com intuito de promover a desidratação do lodo. Após este processo são feitas análises para verificar a presença de patógenos e metais pesados. O destino para este lodo, com teor de umidade reduzido e ausência ou níveis baixos de patógenos e metais pesados, que vem sendo empregado para outros parques como o Parque Barigui é a utilização como material de recobrimento de resíduos sólidos em aterros sanitários. Além da operação de dragagem dos sedimentos acumulados no fundo do lago, este recebe medidas de contenção dos taludes (Figura 10) aproveitando os próprios *bags*.

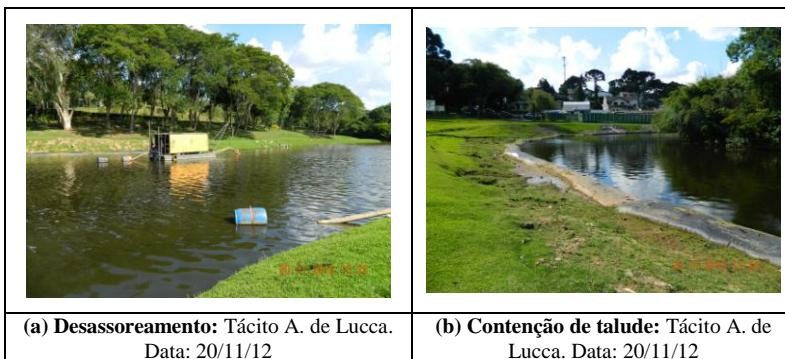


Figura 10 – Manutenção do Lago do Parque São Lourenço.

O Parque São Lourenço está submetido à Lei Municipal nº 7.833 de 19 de Dezembro de 1991 que visa manter ecologicamente equilibrado o meio ambiente, considerado bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, devendo o poder público defendê-lo, preservá-lo e recuperá-lo e a Lei Municipal nº 9.805 de 03 de Janeiro de 2000 no que concerne o respeito a faixa de drenagem urbana estabelecida pela lei.

Na perspectiva ambiental, devido à inundação da área, o ecossistema local alterou-se com a migração de espécies da fauna e supressão da flora. A introdução de novas espécies da fauna e flora resultou em um novo equilíbrio na área. O lago do Parque São Lourenço é um dos pontos onde o Rio Belém encontra-se consideravelmente poluído. A ausência de correnteza favorece a concentração de contaminantes no local. Sob a ótica social, o Parque e seu lago representam um equipamento de lazer para a população, integrando natureza e meio urbano. Do ponto de vista econômico, desde que tomado os devidos cuidados com a manutenção do reservatório, este representa uma economia aos cofres públicos pela prevenção contra futuras enchentes.

A sensibilização dos moradores da região com as alterações na qualidade da água do Rio Belém que chega ao Lago do Parque São Lourenço implicou na criação, no ano 2000, da Associação dos Moradores e Amigos do São Lourenço – AMA São Lourenço. Desde sua criação, a associação desenvolveu inúmeras ações contínuas e integradas, na educação ambiental, no monitoramento e na correção dos passivos ambientais. Esta atuação participativa dos moradores é sem dúvida muito importante para as condições da

Bacia Hidrográfica do Rio Belém, pois incentiva e encoraja a população a cooperar com as ações desenvolvidas e solicitar intervenções necessárias junto ao Poder Público Municipal e Estadual.

5.1.1.2. Passeio Público – Rio Belém

O Passeio Público (Figura 11) foi a primeira medida estrutural para combate a enchentes implantada na cidade de Curitiba. É o parque municipal mais antigo de Curitiba, criado por Alfredo D’Estragnolle Taunay e inaugurado em 1886. O parque foi construído em área pantanosa do Rio Belém utilizando canais e vegetação. Do mesmo modo que os demais parques do Município de Curitiba, o gerenciamento e manutenção do Passeio Público ficam a cargo da SMMA. As obras adotadas no parque consistem em canais e lago, este atuando como reservatório de retenção para o amortecimento da vazão gerada pelas chuvas. As obras aplicadas aumentaram consideravelmente a seção de escoamento do Rio Belém.

Ao longo dos anos, o Passeio Público passou por diversas transformações em sua estrutura. Na década de 70, com a concretagem do lago e a canalização do Rio Belém na Rua Ivo Leão, o lago começou a ser alimentado por água de poços artesianos. O Passeio Público associa obra de drenagem a equipamento de lazer, visto a presença de dispositivos de entretenimento como *play-ground*, pedalinho, bicicletário, aquário e a fauna e flora existentes no parque.

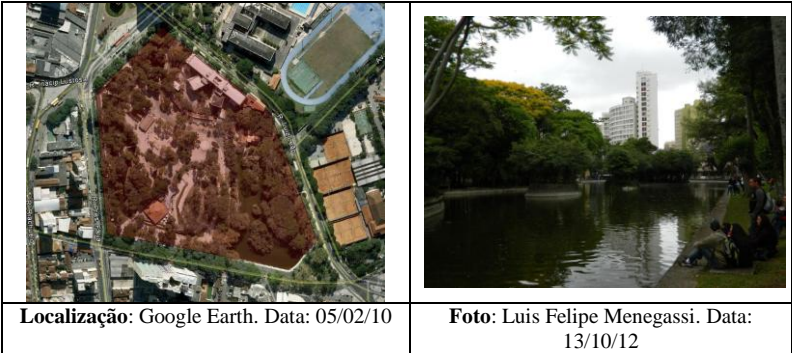


Figura 11 – Passeio Público.

Por tratar-se de um local de uso público, os cuidados para com o local são um pouco maiores. Frequentemente são realizadas limpezas e trabalhos de jardinagem no Passeio Público. No entanto, a remoção dos sedimentos acumulados no fundo dos canais e lagos não são constantes. A última manutenção dos canais e lagos do Passeio Público (Figura 12) foi realizada em maio de 2011. Nesta ocasião, a manutenção, realizada por equipes da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, iniciou-se pela transposição da fauna aquática e terrestre para outros lagos, seguida do desvio de 70% da água de um dos lagos para outros três lagos. Após estas operações foram efetuados trabalhos de remoção de lodo e vegetais em decomposição, e recuperação das paredes dos canais e lagos executados em concreto.



Figura 12 - Manutenção do Passeio Público.
Fonte: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2011.

Desde sua criação, o Passeio Público sempre foi destino de lazer para as famílias curitubanas pela presença do zoológico municipal e demais atrativos que o Parque proporciona. Porém a deterioração do local e a falta de investimentos, em infraestrutura e segurança, promoveram a marginalização do Parque que se tornou local de comercialização de drogas e ponto de encontro de marginais.

Inicialmente com áreas pantanosas, a região foi completamente descaracterizada com a construção dos canais e lagos do Parque. A fauna e flora local cederam lugar a animais e plantas exóticos oriundos de diversas partes do país e exterior. Sob a visão

econômica, as medidas de controle de enchentes executadas no Passeio Público representam uma economia nas despesas públicas do Município, pois atuam na prevenção de eventuais enchentes que possam gerar prejuízos aos bens públicos e privados da região, desde que haja manutenção frequente de suas estruturas.

5.1.1.3. Galerias e Canais – Rio Belém

Até 1977, o Rio Belém escoava a céu aberto ao lado da Av. Mariano Torres. Para minimizar o problema das enchentes na região o rio foi canalizado em galeria celular inicialmente na Rua Tibagi, onde parte de sua vazão foi desviada mantendo ainda um canal a céu aberto na Av. Mariano Torres. Não tardou para a execução de medidas de controle de enchentes fossem executadas na avenida. As obras na Av. Mariano Torres compreenderam a limpeza do canal do rio, a reconstrução dos muros nos trechos prejudicados pela erosão e fechamento do canal com placas de concreto pré-moldadas.

A intenção da prefeitura era utilizar o canal como uma opção emergencial para casos em que ocorressem grandes enchentes em Curitiba, aumentando a velocidade do escoamento e transferindo o problema do local para jusante. A quantidade de resíduos sólidos encontrada nas galerias foi muito grande, não muito distante das condições atuais, o que retardou os trabalhos de asfaltamento. Após a retirada do material, as lajes pré-moldadas foram colocadas em cima das vigas, então o asfalto foi executado. A Rua Mariano Torres tornou-se então uma espaçosa avenida, integrando a Rua Cândido de Abreu à Avenida das Torres. Antes de chegar neste trajeto, as obras de canalização do rio Belém iniciam na região central de Curitiba na Av. Cândido de Abreu percorrendo as ruas Heitor Stockler de França, em seguida a Rua Luiz Leão e então é subdividido em dois canais paralelos (Figura 13), pelas ruas Mariano Torres e Tibagi até se encontrarem novamente na Av. Affonso Camargo, ao lado da Rodoferroviária. A saída destas galerias na Rodoferroviária estão em estado precário, com muitos materiais obstruindo as saídas das mesmas.

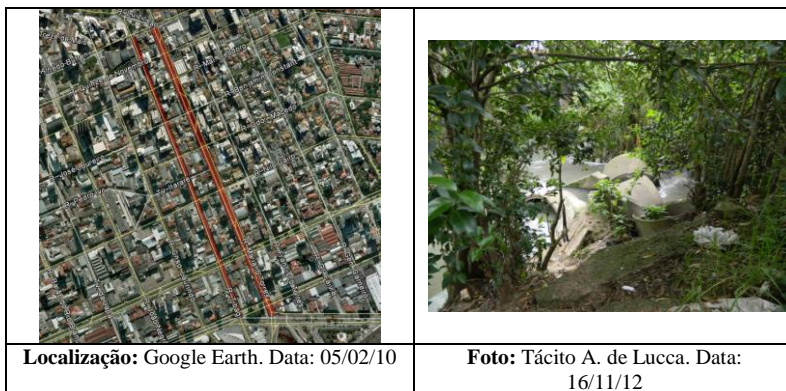


Figura 13 – Galeria Celular do Rio Belém entre a Rua Luiz Leão e Av. Pres. Affonso Camargo.

Ao sair das galerias da Rua Tibagi e Av. Mariano Torres, o Rio Belém “ressurge” ao lado da oficina de trens da Rodoferroviária e passa a percorrer a cidade por um canal aberto (Figura 14) com largura média entre 15 e 20 metros. Neste trecho o canal recebe importantes tributários, o Rio Ivo e o Rio Juvevê. Um pouco mais a jusante o Rio Água Verde agrega suas águas ao Rio Belém. Em seguida, o rio recebe outros afluentes e posteriormente segue em canal retilíneo, de aproximadamente 7 km, até encontrar as águas do Rio Iguaçu. Os canais e galerias construídos descaracterizaram quase que em sua totalidade o Rio Belém. Entre as modificações estão a retificação do rio pelo corte de curvas e que proporcionou o aumento da velocidade de escoamento do rio, prejudicando as áreas a jusante.

Nesta região percebe-se uma urbanização intensa, onde residências estão lado a lado do rio e a mata ciliar é praticamente inexistente. O processo erosivo é intenso e é observada a formação de “ilhas” de sedimentos. A ocorrência de uma cheia neste trecho poderia acarretar em graves consequências para a população, pois o leito maior do rio está ocupado. Ao longo deste trecho até sua foz o rio recebe inúmeros lançamentos de esgoto doméstico além do material sólido despejado, pneus, sofás, móveis, plásticos que ocasionam a obstrução do canal aumentando o risco de enchentes.

Não se trata apenas da insuficiência dos serviços de coleta e transporte de esgotos sanitários e coleta de resíduos sólidos urbanos oferecidos pelo Município. A população apresenta um papel importante neste ponto, pois ao mesmo tempo em que questiona a

qualidade dos serviços de coleta e transporte de esgoto e resíduos sólidos, deve exercer o seu papel de cidadão ao contribuir para com estes serviços oferecidos pela Prefeitura Municipal de Curitiba.

Outro ponto consiste no respeito às condições de uso e ocupação do solo pelos imóveis localizados nas faixas de preservação permanente e faixas de drenagem criadas pela Lei Municipal nº 9.805, que define o Setor Especial do Anel de Conservação Sanitário Ambiental. No trecho compreendido entre a divisa intermunicipal localizada ao norte do Município e o Passeio Público, a faixa corresponde a 40 metros de extensão para cada lado do Rio Belém. Por outro lado, no trecho compreendido entre a Av. Pres. Affonso Camargo e o Rio Iguaçu esta faixa compreende 50 metros para cada lado do rio a partir da margem. Quase que a totalidade dessas duas faixas criadas pela lei municipal encontra-se ocupada.

Para que haja o acompanhamento destas áreas e o suporte à população em casos de enchentes, é necessária a instalação de mais Estações Telemétricas para o controle do nível do Rio Belém e da precipitação na região. Deste modo, o Sistema de Monitoramento e Alerta da Bacia do Alto Iguaçu, que conta com apenas uma Estação Telemétrica na Bacia Hidrográfica do Rio Belém, seria ampliado aumentando a confiabilidade do Sistema.

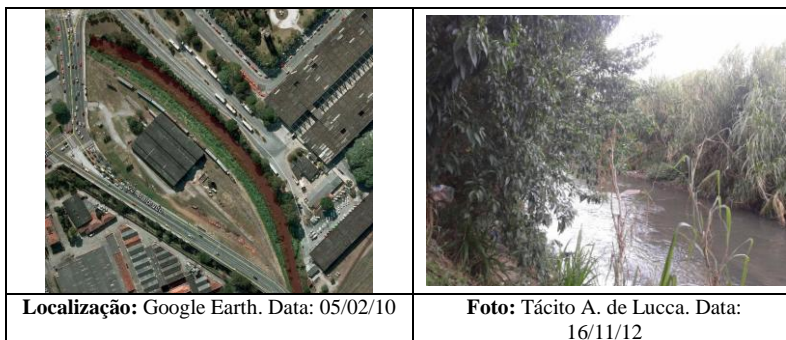


Figura 14 – Canal do Rio Belém após Av. Pres. Affonso Camargo.

Não existe uma frequência em trabalhos de manutenção nos canais e galerias do Rio Belém, estes são realizados eventualmente em pontos críticos nos trechos do rio, o que representa um risco para a população local que está sujeita a estas medidas de controle de enchentes. No período de Novembro de 2011 à Janeiro de 2012 a

maioria dos rios do Município de Curitiba receberam obras de dragagem para o desassoreamento dos canais e recuperação das paredes e taludes dos canais pela SMOP. O investimento ainda é baixo para a manutenção e execução de novas medidas estruturais. O investimento para a realização destas obras é de origem da Prefeitura Municipal de Curitiba, por tratar-se de um rio pertencente ao Município. Todavia, em sua foz quando se encontra com o Rio Iguaçu, rio estadual, o financiamento para estas obras passa a ser uma associação entre a Prefeitura de Curitiba e o Governo do Estado do Paraná. Eventualmente os recursos são oriundos do Governo Federal.

5.1.1.4. Canais e Galerias – Rio Ivo

No período do início da década de 1970 até 1993, as enchentes praticamente acabaram em Curitiba. Após este período as os eventos de enchentes voltaram a acontecer segundo a Gazeta do Povo. No ano de 1994, o governo da capital para reverter o problema, adotou a construção de uma extensa galeria, cerca de 890 metros, com seção (4 x 3) metros, para comportar o excesso das águas do Rio Ivo, na Avenida Vicente Machado (Figura 15), iniciando na Rua Coronel Dulcídio até o cruzamento com a Rua Visconde de Nácar.

Esta medida pouco contribuiu, pois registros mostram que o trecho extravasou 5 vezes no período entre a inauguração da obra em 1995 e o ano de 1999. Trafegando-se pela Rua Vicente Machado em dias quentes, pode ser sentido o odor exalado pelos bueiros das galerias pluviais que canalizaram o Rio Ivo. Provavelmente, esgotos sanitários sendo lançados irregularmente na galeria celular.

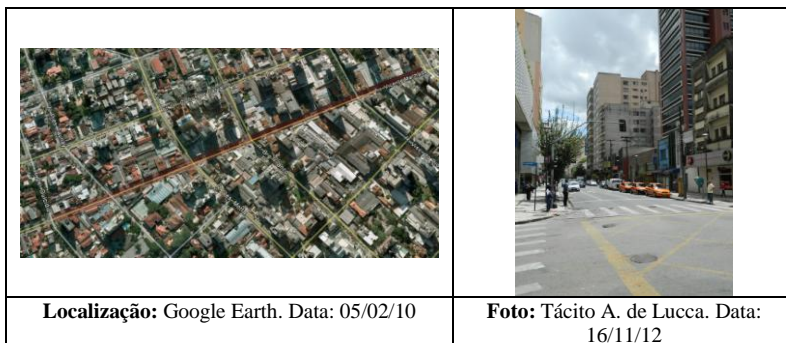


Figura 15 – Galeria da Rua Vicente Machado.

Em 1943, foi construída a galeria pluvial na Rua Voluntários da Pátria (Figura 16), iniciando na Praça Osório e terminando na Rua Pedro Ivo. O trecho apresenta uma extensão de aproximadamente 330 metros e foi projetado para uma vazão de 49,7 m³/s. Ao caminhar na rua não se percebe a presença do Rio Ivo e a própria população desconhece sua existência. Mesmo com a realização da medida estrutural, enchentes ainda são observadas no trecho, como em janeiro de 2011, onde a Rede Paranaense de Comunicação, a RPCTV, gravou imagens do evento onde a água cobria toda a extensão da rua. No ano de 1972, o trecho foi continuado, onde foram construídas novas galerias pluviais percorrendo a Rua Pedro Ivo até ele tornar-se aberto e encontrar as águas do Rio Belém. O trecho é completamente coberto e devido a este fato a determinação de sua localização exata torna-se problemática.

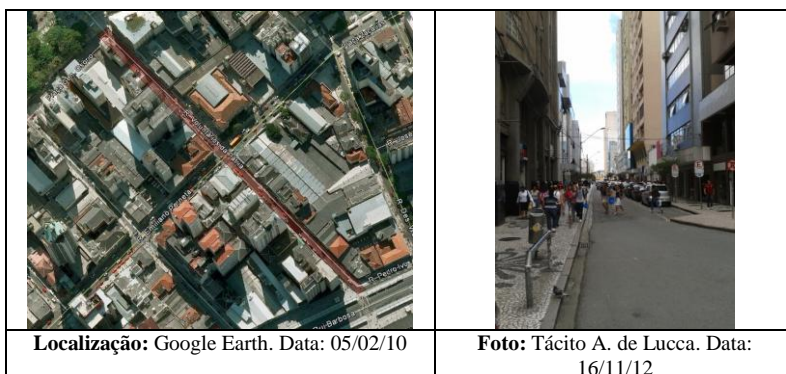


Figura 16 – Galeria Celular do Rio Ivo na Rua Voluntários da Pátria.

Os canais parabólicos executados nas proximidades de sua foz (Figura 17), quando o Rio Ivo desemboca no rio Belém, foram executados no início dos anos 70. A seção do canal foi elaborada para receber uma grande vazão ($Q=79\text{m}^3/\text{s}$), podendo comportar uma vazão muito acima da média anual observada para o Rio Ivo. Este trecho encontra-se localizado as margens do Viaduto Colorado, e percebe-se a ausência de manutenção devido ao acúmulo de resíduos sólidos urbanos no canal. Outro detalhe observado são as ligações clandestinas de esgotos sanitários e efluentes industriais.

Como o trecho é aberto o acesso de pessoas de rua é facilitado. Isto representa mais um agravante, pois além das condições inóspitas em que vivem essas pessoas devido ao contato com o rio altamente poluído, estão sujeitas a doenças de veiculação hídrica, e esses mesmos habitantes provocam a degradação do local, pelo acúmulo de resíduos e utilizarem o local para realizarem suas necessidades fisiológicas básicas.

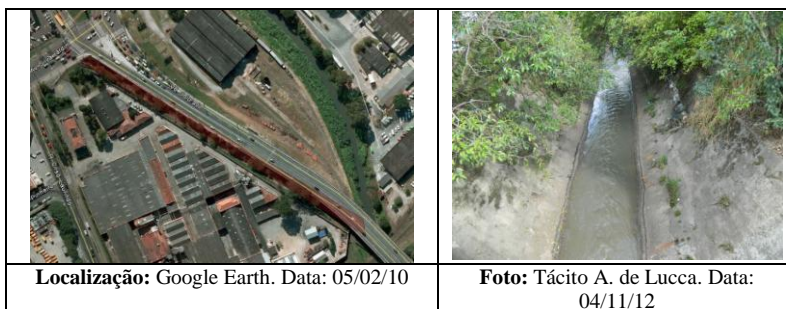


Figura 17 – Canal Parabólico do Rio Ivo.

Entre Novembro de 2011 e Janeiro de 2012, como nos demais canais do Município de Curitiba, o canal do parabólico do Rio Ivo recebeu obras de dragagem para seu desassoreamento e manutenção das paredes a fim de melhorar o escoamento. Mesmo com a realização destas medidas pela SMOP, Órgão responsável pela gestão dos canais e galerias, os problemas estão longe de chegar ao fim. Não irá tardar para que os canais e galerias voltem a sofrer acúmulo de sedimentos e obstrução por materiais. A manutenção frequente dos canais e galerias do Rio Ivo é essencial para o controle das enchentes urbanas.

Além disso, os canais e galerias do Rio Ivo não se encontram inseridos na Lei Municipal nº 9.805, podendo este ser incluído no

Setor Especial do Anel de Conservação Sanitário Ambiental através de ato do Poder Executivo Municipal. O Rio Ivo encontra-se praticamente canalizado, implicando no aumento da velocidade de escoamento do rio. A mata ciliar que promove a retenção dos sedimentos inexistente e seu ecossistema apresenta-se completamente alterado. Não há papel social do rio como ambiente de lazer e a própria população deseja sua canalização por considerar tratar-se de esgoto e não de um rio. Há que se conscientizar a população do importante papel do rio em seu estado natural, como contribuinte para a drenagem urbana e inseri-lo novamente à sociedade. A recuperação dos rios urbanos é possível e necessária para região.

5.1.1.5. Canal – Rio Juvevê

O Rio Juvevê é quase completamente canalizado em toda sua extensão. As obras foram realizadas com o intuito de melhorar o escoamento das águas pluviais, porém sem refletir nas consequências causadas a jusante do escoamento. Um dos poucos trechos onde ele encontra-se aberto (Figura 18) está localizado próximo a sua foz ao lado da Rua Walter Marquardt, nas proximidades do estádio do Paraná Futebol Clube. O trecho coberto, a montante, atravessa a ferrovia e ao sair da galeria é amortizado por uma pequena lagoa e então é afunilado em um canal de largura uniforme executado com a finalidade de acelerar o escoamento das águas pluviais. Este canal foi construído em 1943 no Rio Juvevê partindo da confluência do Ribeirão Cajuru até o Rio Belém. Este trecho foi projetado com largura média de 7 metros e vazão de projeto de $39\text{m}^3/\text{s}$.

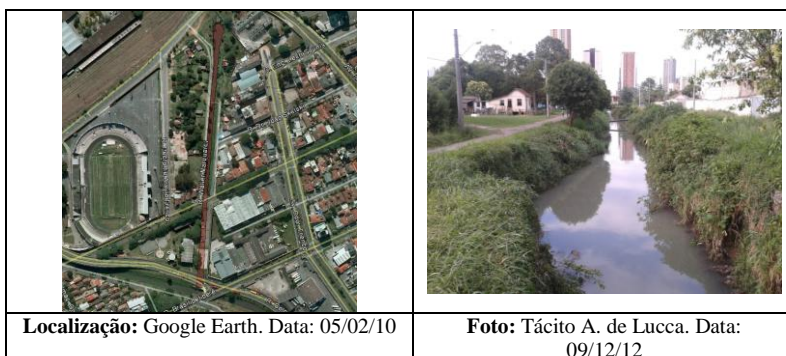


Figura 18 – Canal do Rio Juvevê.

Quanto à manutenção, segundo a SMOP, não há uma frequência, esta é realizada apenas em situações críticas e consiste em dragagem do fundo do canal e reparos nos taludes. Não existe uma manutenção preventiva. Em breve o Rio Juvevê receberá mais obras para o combate às enchentes. Farão parte destas obras 03 bacias de detenção que aguardam no presente momento a liberação de recursos oriundos do Programa de Aceleração do Crescimento 2 – PAC2 para a elaboração dos projetos.

Esta região sempre apresentou enchentes após ocorrência de chuva segundo os noticiários locais. A execução dessas bacias de detenção é preocupante para o local, visto que tais medidas necessitam de uma frequente manutenção devido ao acúmulo de sedimentos. Caso este fator não seja observado, a situação local tende a agravar-se. No local, observam-se residências a menos de 10 metros das margens, mata ciliar inexistente, processo erosivo acentuado, acúmulo de resíduos sólidos urbanos nas margens e dentro do canal, a “água” apresenta-se turva e o odor característico de esgotos sanitários, levando a crer a existência de lançamentos de esgotos clandestinos no local e ao longo da bacia hidrográfica a montante. O rio não está integrado à cidade, ele foi literalmente suprimido.

Os canais e galerias criados ao longo do rio devem-se em parte pela cobrança da população. A sociedade tem um papel importante na colaboração para evitar o risco às enchentes na Bacia do Rio Juvevê. Sua atuação está na regularização do lançamento de esgoto doméstico na galeria pluvial do Rio Juvevê em se ligando à rede coletora de esgoto e também no correto destino aos resíduos sólidos gerados, auxiliando na coleta pela empresa responsável por estes serviços. Cabe a Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR a fiscalização para que a população regularize as ligações de esgoto doméstico e a empresa Estre Ambiental, a coleta eficiente e a destinação adequada dos resíduos sólidos.

5.1.1.6. Canais – Rio Água Verde

A maior parte do Rio Água Verde foi canalizada por meio de grandes galerias ($A = 4,74 \text{ km}^2$; $Q = 28,5 \text{ m}^3/\text{s}$; $I = 0,0042 \text{ m/m}$) no ano de 1943 pelo Plano Agache, com o objetivo de acelerar o escoamento das águas pluviais que vinham ocasionando enchentes na Bacia do Rio Água Verde. Tais medidas podem ter suprido a

realidade da época, no entanto, nos últimos anos a Bacia Hidrográfica do Rio Água Verde vem sofrendo com alagamentos e enchentes que causam transtorno à população. É necessário rever as medidas estruturais que vem sendo aplicadas e propostas para a bacia.

As associações destas obras com a aplicação de medidas não estruturais podem colaborar no controle das enchentes na região. O Decreto Municipal nº 176 de 27 de Março de 2007, que é discutido posteriormente, é uma das ferramentas que podem auxiliar contra as enchentes na Bacia Hidrográfica do Rio Água Verde. Este decreto determina a implantação de reservatórios de retenção nos novos edifícios, visando acumular o máximo possível dos excedentes hídricos, possibilitando assim o retardamento do pico das enchentes.

O antigo leito do Rio Água Verde foi abandonado, para ser inserido nas novas ruas da época, projetadas pelo Plano Agache. A pequena parte do rio que continua aberta (Figura 19) localiza-se no trecho próximo a sua foz. Este trecho apresenta uma extensão de aproximadamente 150 metros cortando ruas e terrenos particulares. Mais recentemente, após 2010 obras de drenagem foram realizadas na Rua Chile entre as Ruas Iapó e Imaculada Conceição.

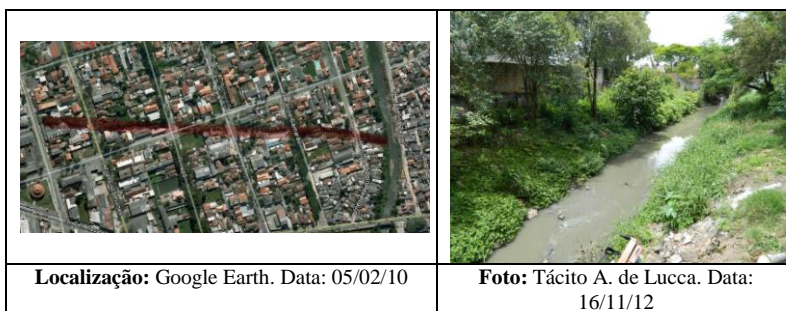


Figura 19– Canal do Rio Água Verde.

No trecho aberto foram realizadas obras de contenção com muros de gabião a fim de evitar desmoronamentos, visto a proximidade das residências. Percebe-se no trecho um alto acúmulo de resíduos e materiais (Figura 20), o local serve como destinação final de resíduos domésticos para a população ribeirinha. O odor no local, aliado a coloração da água, indica que estão sendo lançados esgotos domésticos no canal.



Figura 20 – Acúmulo de resíduos no Canal do Rio Água Verde.
Foto: Tácito Almeida de Lucca. Data: 16/11/12

A Secretaria Municipal de Obras Públicas é o órgão responsável pela manutenção dos canais do Rio Água Verde. Entretanto percebe-se a carência de investimento nos canais e galerias do Rio Água Verde. Através das fotos, pode ser observada a necessidade de revitalização do canal para garantir seu escoamento. A população ribeirinha tem parcela de responsabilidade na condição atual do canal. É relevante que haja um trabalho de educação ambiental junto aos moradores da bacia para conscientizá-los da importância de sua participação na preservação do canal do Rio Água Verde.

Caso esta atuação da população não ocorra, e os trabalhos da SMOP sejam negligenciados os impactos não apenas continuarão a serem negativos para o meio ambiente, mas também impactos diretos aos próprios moradores pela ocorrência de um evento hidrológico invadindo as casas e gerando prejuízos econômicos com a danificação das casas, móveis, eletrodomésticos. Estes danos podem chegar até mesmo à perda de vida.

5.1.2. MEDIDAS ESTRUTURAIS PROPOSTAS

Com base no histórico de enchentes e alagamentos sofridos pelas bacias hidrográficas pertencentes ao Plano das Bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Ribeira, foi elaborado pela SUDERHSA um

mapa (Figura 21) com os pontos críticos, onde há a necessidade de intervenção com obras de controle de enchentes.

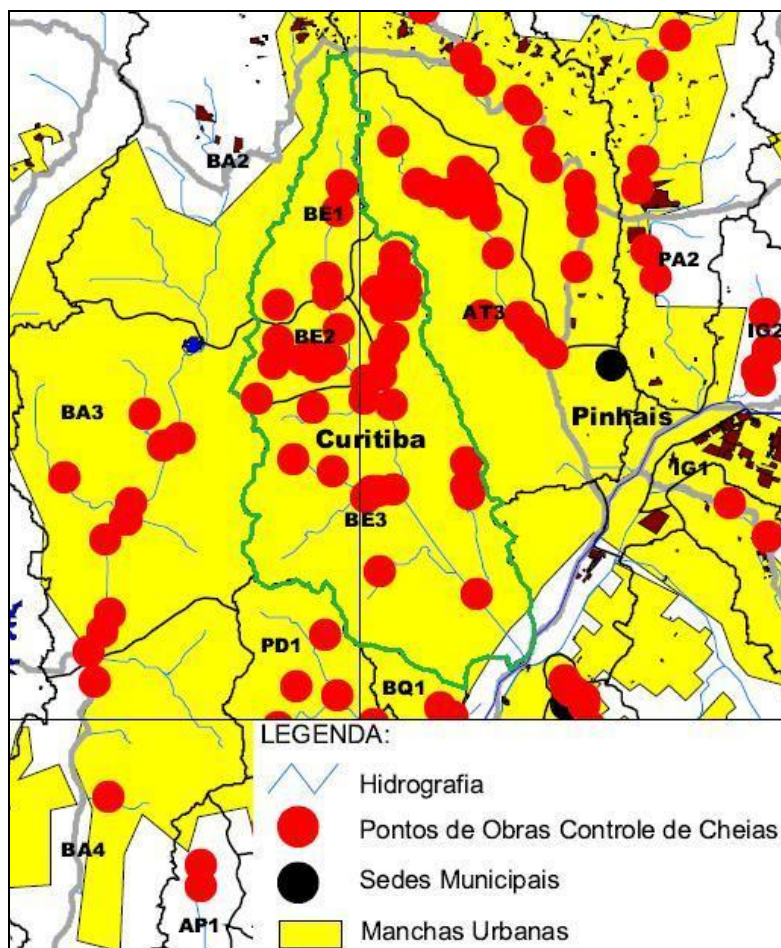


Figura 21 – Pontos de inundação na Bacia Hidrográfica do Rio Belém.
Fonte: Adaptado de SUDERHSA, 2002.

Na Figura 21, pode-se observar que todos os tributários apresentam pontos onde devem ser tomadas medidas para o controle de enchentes na Bacia Hidrográfica do Rio Belém. A região com maior concentração de marcações é a região central da bacia onde o Rio Belém e seus tributários estão praticamente descaracterizados, cobertos, inseridos em galerias pluviais.

Para poder determinar então o grau de necessidade de atuação em cada sub-bacia, a SUDERHSA (2002) desenvolveu um indicador de diagnóstico do agravamento das enchentes. Este indicador foi calculado como sendo a variação da chuva efetiva causada pela impermeabilização da bacia em relação a uma situação de referência, com CN (*Curve Number Method*) médio no valor de 60, equivalente à cobertura típica de zona rural, sem adensamento urbano, que produziria uma chuva efetiva no valor de 16,83 mm.

Considerando CN = 18 para Mata em Boas Condições conforme TUCCI (2007), e a impermeabilização da Bacia do Belém no ano de 1820 igual a 12%, segundo FENDRICH (2002), chega-se ao valor:

$$CN^* = (1 - \text{Imp}) \times CN + 100 \times \text{Imp} \therefore CN^* = (1 - 0,12) \times 18 + 100 \times 0,12$$

$$CN^* = 15,84 + 12,00 \therefore CN^* = 27,84$$

Correspondendo a metade do valor estimado pelo PDD para uma bacia com cobertura típica de zona rural. Além disso, observa-se a ausência da precipitação total cuja precipitação efetiva é 16,83 mm.

Os valores dos indicadores obtidos pelo Órgão estão inseridos na Tabela 02 onde são apresentadas as seguintes informações:

- 1) Bacia – Agregação das informações no nível das grandes bacias do Plano das Bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira;
- 2) Rio – Agregação das diversas sub-bacias que compõe bacias de rios com o mesmo nome;
- 3) Sub-bacia – É o nível de resolução maior das informações, e se refere às sub-bacias do plano;
- 4) População Estimada (Censo 2000) – População estimada existente em cada sub-bacia no ano de 2000;

- 5) Área (km²) – Área de sub-bacia, em km², com base nos estudos de georeferenciamento;
- 6) Densidade Populacional (hab/ha) – Densidade populacional (base censo 2000) em cada sub-bacia determinada pela divisão da população pela área em hectares;
- 7) CN médio – Valor da *Curve Number* médio da sub-bacia;
- 8) % impermeabilização - % da área da sub-bacia impermeabilizada pela ocupação urbana, estimada a partir da densidade populacional, de acordo com a metodologia adotada no Plano Diretor de Drenagem;
- 9) CN médio + efeito impermeabilização – Valor da *Curve Number* da sub-bacia levando em consideração a impermeabilização trazida com a densidade populacional estimada na Coluna 8;
- 10) Chuva Efetiva (mm) – Precipitação efetiva causada por um volume de precipitação de 96,32 mm, correspondente a uma chuva com tempo de duração de 120 minutos e período de retorno de 25 anos e considerando o CN apresentado na Coluna 9;
- 11) Indicador de Agravamento de Inundações – Calculado como sendo a variação da chuva efetiva causada pela impermeabilização da bacia em relação a uma situação de referência com CN médio no valor de 60, equivalente à cobertura típica de zona rural, sem adensamento urbano, que produziria uma chuva efetiva no valor de 16,83 mm;
- 12) Há medidas previstas (PDD 2002)? – Identificação de intervenções na sub-bacia já previstas no Plano Diretor de Drenagem.

O Indicador de Agravamento de Inundações foi separado por critérios de cores para ressaltar condições que merecem atenção em cada sub-bacia. O critério adotado pela SUDERHSA foi o seguinte:

- Amarelo, valor situado entre 0,5 e 1,0;
- Laranja, valor situado entre 1,0 e 2,0;
- Vermelho, valor maior que 2,0.

Tabela 02: Indicador do Diagnóstico do Agravamento das Enchentes na Bacia do Belém.

Bacia	Rio	Sub bacia	Pop. Estimada (Censo 2000)	Área (km ²)	Densidad e Pop. Estimada (2000) (hab/ha)	CN médio	% impermea- bilização	CN médio + efeito imper- meabili- zação	Chuva efetiva (mm)	Indicador de agravamento de inundações	Há medidas previstas? (PDD 2002)
Alto Iguaçu	Rio Belém	BE1	73.987	15	48,79	83, 78	19,81	86,60	61	264%	Não
		BE2	49.687	10	51,29	85, 00	21,24	87,76	64	280%	Não
		BE3	325.516	65	50,33	84, 53	20,69	87,32	63	274%	Sim
		Total	449.190	90	50,17						

Fonte: SUDERHSA, 2002.

Alguns detalhes do Diagnóstico do Agravamento das Inundações realizado pela SUDERHSA (2002) geram questionamentos. Em relação à população estimada para a Bacia Hidrográfica do Rio Belém no ano de 2000, no valor aproximado de 450.000 habitantes, percebe-se uma divergência quando comparado à população estimada para a mesma Bacia por FENDRICH (2002), para o ano de 2012, correspondendo a 940.000 habitantes. Outra questão é a ausência da precipitação total, cuja as precipitações efetivas estão apresentadas na Tabela 02.

Após efetuados estudos e análises na Bacia, o Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba (2002), propôs para implantação nas bacias abrangidas pelo PDD as seguintes medidas estruturais de controle:

- 1) Lagoas de Acumulação;
- 2) Substituição de estruturas de Travessias dos rios sob vias públicas;
- 3) Melhoria das condições de escoamento dos canais;
- 4) Diques de proteção de áreas urbanas sob riscos de enchentes;
- 5) Aterro de áreas urbanas sob riscos de enchentes.

No entanto, para a Bacia Hidrográfica do Rio Belém foram propostas como medidas estruturais apenas lagoas de acumulação e melhorias da capacidade dos canais.

5.1.2.1. Lagoas de Acumulação

As lagoas de acumulação propostas (Quadro 04) são dos tipos laterais abertas (LA), laterais cobertas (LC) e centrais.

a) Lagoas laterais: são construídas ao longo do rio, sendo em geral separadas deste apenas pela parede lateral do canal. Sua estrutura de entrada, a montante, permite que tenha fluxo para a lagoa quando o rio atingir uma determinada cota do nível d'água no leito do rio. A entrada apresenta um vertedor de soleira plana e pequenos pilares de concreto armado que funcionam como um gradeamento grosseiro a fim de evitar a entrada de sólidos com grandes dimensões. A estrutura de saída é constituída por orifícios de descarga, com comportas, que são precedidos por gradeamento para reter sólidos que possam causar entupimentos. São previstos acessos para

veículos e outros equipamentos para efetuar a limpeza e manutenção.

b) Lagoas centrais: são constituídas, na sua entrada a montante, de estruturas de gradeamento e na sua saída a jusante de estrutura composta de barragem e da unidade para o descarte e controle de vazão de saída. A descarga é realizada para vazões correspondentes acima de tempo de recorrência de 10 anos. Para vazões superiores ao tempo de recorrência de 25 anos, após o nível de água alcançar a cota da crista da barragem, a vazão excedente deve escoar por sobre o dique que é protegido com mantas e gabiões para estes casos. São previstas nessas lagoas acesso para veículos e outros equipamentos a serem utilizados na manutenção e limpeza.

O PDD fornece ainda detalhes das principais estruturas para o dimensionamento hidráulico e elaboração dos desenhos das lagoas de acumulação. Entre os rios presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Belém com propostas para implantação das lagoas estão: Belém, Pilarzinho, Ivo, Bigorrilho, Água Verde, Juvevê, Vila Guáira e Areiãozinho. Estes constituem os principais rios e córregos da malha fluvial da bacia do Belém.

Quadro 04: Lagoas de Acumulação Propostas para a Bacia do Rio Belém.

Rio	Local de Implantação	Tipo	Área (m ²)	Vazões (m ³ /s)		
				No trecho		Retida
				Q _E	Q _S	Q _E -Q _S
Belém	Parque São Lourenço	Central	-	42,5	40	2,5
Belém	Centro Cívico	LA	4.300	15	1,5	13,5
Pilarzinho	Praça	LA	2.200	7,5	5,4	2,1
Belém	Centro Cívico	LA	1.400	19,2	2,1	17,1
Belém	Academia – Próx. Rua José Komann - Bairro São Lourenço	LA	3.400	2,2	0,6	1,6
Ivo	Praça Osório	LC	700	0,5	0,3	0,2
Ivo	Estacionamento – Rua Visc. De Nacar	LC	5.300	7,9	4,5	3,4
Ivo	Praça Zacarias	LC	2.500	62,2	61,4	0,8
Bigorrião	Praça 29 de Março (distante do rio)	LC	5.800	69	67,5	1,5
Afl. Ivo	Praça Espanha	LA	3.700	72,2	71	1,2
Afl. Ivo	Praça do Batel	LC	1.300	72,4	72,2	0,2
Afl. Ivo	Praça Rui Barbosa	LC	7.100	67,5	62,8	4,7
Ivo	Área da Ferrovia Prox. Rua Mariano Torres	LA	9.200	36,6	16	20,6
Água Verde	Praça do Atlético	LA	4.900	3,4	0,6	2,8

Quadro 04: Lagoas de Acumulação Propostas para a Bacia do Rio Belém. (Continuação).

Afl. A Verde	Ruas Alm Gonçalves x Brasília Itiberê	LA	2.500	44,5	26,1	18,4
Afl. Juvevê	Escola Agronomia e Veterinária – Bairro Cabral	LA	9.800	45,4	38,5	6,9
Afl. Juvevê	Terreno de Propriedade do INSS – Bairro Cabral	LA	2.200	38,5	37,2	1,3
Juvevê	Rua João A. R. de Oliveira - Cabral	LC	6.300	2,2	0,3	1,9
Juvevê	Rua Camões - Cabral	LC	8.800	5,5	1	4,5
Juvevê	Ruas Moyses Marcondes x Minas Gerais - Juvevê	LC	3.300	27,29	26,54	0,75
Juvevê	Ambiental I – Rua do Herval	LC	13.400	12,1	1,9	10,2
Vila Guará	Praça Elias Bittar	LA	9.800	89	78,5	10,5
Vila Guará	Favela da Vila Guará e Campo de Futebol	LA	54.000	16,5	1,2	15,3
Pinheirinho	Pres. Wenc. Braz / Eduardo Vardânega – Vila Fanny	LA	41.500	116,8	18,5	98,3

Quadro 04: Lagoas de Acumulação Propostas para a Bacia do Rio Belém. (Continuação).						
Areiãozinho	Praça Japonesa	LA	2.900	56	54,9	1,1
Areiãozinho	Jardim das Américas – Prox. Av. das Torres	LA	3.500	1,1	0,5	0,6
Areiãozinho	Jardim das Américas – Prox. Av. das Torres	LA	5.300	2,5	1,1	1,4
Areiãozinho	Confluência rios Belém x Areiãozinho	LA	18.300	35,9	0,8	35,1
Belém	Passeio Público	LA	14.700	26,5	4,3	22,2
Belém	Vila Pinto	LA	45.000	56,60	17,3	39,3

Fonte: Adaptado de SUDERHSA, 2002.

Entre as lagoas de acumulação propostas, 19 são lagoas laterais abertas, 10 são lagoas laterais cobertas e apenas uma lagoa proposta é central. De um modo geral as lagoas abertas são aplicadas não só com a finalidade do amortecimento de vazões, mas quando se deseja também realizar o aproveitamento do caráter paisagístico da lagoa. Estas lagoas são aplicadas em praças e parques. Já as lagoas cobertas são utilizadas quando não se tem disponibilidade de área superficial. Além das lagoas outra medida proposta é a melhoria das condições de escoamento dos canais. De modo geral os projetos das lagoas foram para pequenas áreas de implantação.

Por mais que auxiliem no abatimento das vazões de pico, retardando o escoamento, a execução destas lagoas é uma questão de reflexão. Mesmo com a construção de bacias de detenção e retenção em grandes cidades como São Paulo, as enchentes continuaram a serem manchetes nos meios de comunicação. O fato deve-se, pois houve negligência na manutenção dos reservatórios e assim tais medidas apresentaram grandes volumes de sedimentos, pouco contribuindo para o combate as enchentes. Esta é uma preocupação também para os curitibanos, pois se observa a falta de manutenção das medidas já existentes.

Considerando que a maioria das lagoas propostas são abertas e situadas em parques, estas lagoas implicariam em alterações no paisagismo dos locais onde forem implantadas. Seria criado um ambiente agradável para a população que usufruiria desta estrutura que teria finalidade também como equipamento de lazer.

5.1.2.2. Melhoria das Condições de Escoamento dos Canais

Como proposições, listadas em (SUDERHSA, 2002), foram estabelecidas algumas ações na melhoria do escoamento para a Bacia do Belém (Quadro 05). Entre as atividades propostas, executadas unicamente ou associadas, encontram-se:

- a) Limpeza geral das paredes e do fundo do canal;
- b) Regularização dos taludes laterais e do fundo;
- c) Revestimento e proteção adequados das paredes dos canais;

- d) Desassoreamento do fundo;
- e) Aumento da seção de vazão (alargamento e/ou aprofundamento do canal).

A aplicação de tais ações a fim de melhorar as condições de escoamento é extremamente importante não apenas nos rios propostos, mas também nos demais rios e canais de drenagem pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Belém. As medidas sugeridas, além das ações de correção, consistem na construção de mais galerias com investimentos para execução muito altos. Não apenas existiria o impacto econômico mais o ambiental, pela contínua modificação do rio, comprometendo ainda mais o ecossistema local e apagando por completo a memória dos rios para a população de Curitiba.

Quadro 05: Melhoria das condições de escoamento dos canais na Bacia Hidrográfica do Rio Belém.

Bacia	Rio	Extensão (m)	Seção (m x m) (Ano 2002)	Seção Proposta	Custo (R\$)
Belém	Ivo	500	Galeria de concreto - 4x3m	02 galerias de concreto 4x3m	9.184.016,64
	Juvevê	1000	Galeria de concreto – 4,5x3m	03 galerias de concreto – 4,5x3m	10.273.236,72
	Juvevê	1305	Galeria de concreto – 4,5x3m	02 galerias de concreto - 4,5x3m	7.672.299,12
	Juvevê	1456	Galeria de concreto – 3,5x2m	02 galerias de concreto - 3,5x2m	6.648.041,04
	Juvevê do Norte	942	Galeria de concreto – 3x2m	02 galerias de concreto – 3x2m	4.370.424,26
	Pinheirinho	484	Galeria de concreto – 5,5x4m	02 galerias de concreto – 5,5x4m	4.575.707,72
	Pinheirinho	228	Galeria de concreto – 5x4m	02 galerias de concreto – 5x4m	2.200.030,88
	Pinheirinho	24	Galeria de concreto – 5,5x4m	02 galerias de concreto – 5,5x4m	226.894,60
	Evaristo Veiga	497	Base=2m;Altura=2m Talude 1H:4V	Base=4m; Altura=2m Talude 1H:1,33V	71.535,60
Total					45.222.186,57

Fonte: Adaptado de SUDERHSA, 2002.

A Tabela 03 apresenta uma síntese das medidas de controle estruturais propostas pela SUDERHSA no ano de 2002, e a estimativa de seus respectivos custos, separadas por tipo de medida para a Bacia do rio Belém para serem implantadas nos anos seguintes pela prefeitura do município de Curitiba com apoio da SUDERHSA, hoje Águas do Paraná.

Tabela 03 – Medidas Estruturais de Controle de Enchentes Propostas para a Bacia Hidrográfica do Rio Belém.

Bacia	Lagoas de Acumulação		Melhoria da Capacidade do Canal		Custo Totais (R\$x1000)
	Quantidade	Custo (R\$x1000)	Extensão (m)	Custo (R\$x1000)	
Belém	30	88.350	6.436	45.222	133.572

Fonte: SUDERHSA, 2002.

Apesar das inúmeras medidas estruturais propostas pelo PDD para o controle de enchentes, nenhuma destas medidas foi implantada até o presente momento na Bacia do Rio Belém. O motivo, segundo agentes do Instituto Águas do Paraná, deve-se a ausência de espaço físico para execução das obras ocasionado pela intensa urbanização da bacia, dificultando a implementação das medidas propostas pelo Plano Diretor de Drenagem. Porém a SMOP, baseada no PDD, está incluindo algumas destas propostas no Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais do Programa de Aceleração do Crescimento 2 (PAC2) do Governo Federal.

5.1.3. MEDIDAS ESTRUTURAIS PREVISTAS

Com o intuito da execução de algumas das propostas do PDD, o Município de Curitiba, através da Secretaria Municipal de Obras Públicas, abriu processo licitatório por intermédio do Edital de Concorrência nº CN/077/2012 (Gazeta do Povo de 17/05/12), em maio de 2012. A finalidade foi a contratação de empresa de consultoria para elaboração de projetos de medidas de controle de enchentes na Bacia do Rio Belém baseadas no PDD. Entre as medidas que serão executadas estão:

- 1) Bacia de Detenção no Rio Pilarzinho, entre Mamoré e Solimões (Área = 0,29 ha);

- 2) Bacia de Detenção no Rio Pilarzinho, (Área = 0,60 ha);
- 3) Bacia de Detenção no Rio Juvevê, (Área = 0,63 ha);
- 4) Bacia de Detenção no Rio Juvevê, Rua Camões (Área = 0,88 ha);
- 5) Bacia de Detenção no Rio Juvevê, Rua do Herval (Área = 0,33 ha);
- 6) Perfilamento do Rio Pilarzinho (Extensão = 3.600 m);
- 7) Perfilamento do Rio Belém (Extensão = 7.200 m);
- 8) Contenção Lateral no Rio Belém, Vila das Torres (Extensão = 500 m);
- 9) Adequação de canais para retardamento do escoamento com reservatórios de amortecimento de cheias do Rio Água Verde.

Detalhes como, o volume a ser amortizado pelas bacias de detenção previstas, serão estabelecidos após estudos minuciosos realizados nas áreas dos projetos. Os locais informados para a execução das medidas foram estabelecidos a partir do PDD, todavia serão confirmados, depois de realizados estudos hidrológicos, topográficos e demais estudos técnicos. Estas obras serão executadas com recursos oriundos do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC 2, no valor de R\$ 2.217.353,42 repassados por meio da Caixa Econômica Federal. O investimento é pouco quando comparado à necessidade de ação na Bacia Hidrográfica do Rio Belém. O próprio Município de Curitiba deveria readequar a distribuição de fundos para os diversos setores e investir mais no setor de Saneamento.

As bacias de detenção, também conhecidas como “piscinões”, são bastante questionadas em Curitiba por profissionais da área da drenagem urbana em relação a sua eficácia. A problemática maior, que já foi discutida anteriormente, deve-se a ausência de manutenção destes reservatórios, implicando no acúmulo de sedimentos e limitando o volume de amortecimento das vazões de pico.

A população deve estar atenta às mudanças ocasionadas pela execução destas medidas previstas. A limpeza e manutenção destas medidas, em especial dos reservatórios de detenção, deverão ser realizadas constantemente pela Secretaria Municipal de Obras Públicas. Caso haja negligência por parte desta, a população deverá agir e solicitar que sejam tomadas as providências necessárias.

O impacto é direto nos rios onde as medidas estão previstas e no ecossistema local. A Secretaria Municipal de Meio Ambiente deve verificar as medidas compensatórias, juntamente com a empresa

responsável pela elaboração dos estudos de concepção, a fim de amenizar as alterações que serão necessárias para a implantação das medidas.

Além das medidas estruturais existentes, propostas e previstas, outras ferramentas no combate as enchentes urbanas são as medidas não estruturais.

5.2. MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

5.2.1. Lei Municipal nº 7.833 de 19 de Dezembro de 1991

A presente lei dispõe sobre a política de proteção, conservação e recuperação do meio ambiente. A Política do Meio Ambiente do Município de Curitiba tem por objetivo, respeitadas as competências da União e do Estado, manter ecologicamente equilibrado o meio ambiente, considerado bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, razão pela qual impõe-se ao poder público o dever de defendê-lo, preservá-lo e recuperá-lo.

Os princípios fundamentais para o estabelecimento da Política Municipal do Meio Ambiente são:

- I - Multidisciplinaridade no trato das questões ambientais;
- II - Participação comunitária na defesa do meio ambiente;
- III - Integração com a política do meio ambiente nacional, estadual, setoriais e demais ações do governo;
- IV - Manutenção do equilíbrio ecológico;
- V - Racionalização do uso do solo, água e do ar;
- VI - Planejamento e fiscalização do uso dos recursos naturais;
- VII - Controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;
- VIII - Proteção dos ecossistemas, com a preservação e manutenção de áreas representativas;
- IX - Educação Ambiental a todos os níveis de ensino, incluindo a educação da comunidade;
- X - Incentivo ao estudo científico e tecnológico, direcionados para o uso e a proteção dos recursos ambientais;
- XI - Prevalência do interesse público;
- XII - Reparação do dano ambiental.

No que tange a drenagem urbana, cabe ao Município de Curitiba, estabelecer diretrizes específicas para a proteção de recursos hídricos, através de planos de uso e ocupação de áreas de drenagem de bacias e sub-bacias hidrográficas. Esta lei deve ser estudada em conjunto com as Leis Municipais nº 9.800 e nº 9.805 de 03 de Janeiro de 2000 que se referem ao uso e ocupação do solo e o Setor Especial de Conservação do Anel Sanitário, visto que as três leis complementam-se. Sob a responsabilidade da SMMA incumbe a proteção das unidades de conservação e outras áreas protegidas, a vigilância ambiental e o poder de polícia, além da participação na elaboração de planos de ocupação de área de drenagem de bacias ou sub-bacias hidrográficas; no zoneamento e de outras atividades de uso e ocupação do solo, de iniciativa de outros organismos.

Em relação ao uso do solo, a Secretaria Municipal do Meio Ambiente deverá manifestar-se sempre que os projetos:

- I - Tenham interferência sobre reservas de áreas verdes, e proteção de interesses paisagísticos e ecológicos;
- II - Exijam sistemas especiais de abastecimento de água e coleta, tratamento e disposição final de esgoto e resíduos sólidos;
- III - Apresentem problemas relacionados à viabilidade geotécnica.

No que se refere ao saneamento básico, como os serviços de abastecimento de água, coleta, tratamento e disposição final de esgotos, operados por Órgãos e entidades de qualquer natureza, todos estão sujeitos ao controle da Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Fica sob obrigação do proprietário do imóvel a execução de adequadas instalações domiciliares de abastecimento, armazenamento, distribuição e esgotamento de água, cabendo ao usuário do imóvel a necessária conservação. A Lei Municipal nº 7.833/1991 ainda coloca que os esgotos sanitários deverão ser coletados, tratados e receber destinação adequada, de forma a se evitar contaminação de qualquer natureza.

A mesma lei determina que seja expressamente proibido:

- a) O lançamento de lixo em água de superfície, sistemas de drenagem de águas pluviais, poços, cacimba e áreas erodidas; e
- b) O assoreamento de fundo de vale através da colocação de lixo, entulhos e outros materiais.

O capítulo VII da presente lei aborda sobre os Setores Especiais de Fundos de Vale e Faixas de Drenagem, definindo que:

- a) Os Setores de Fundos de Vale são constituídos pelas áreas críticas localizadas nas imediações ou nos fundos de vale, sujeitos a inundação, erosão ou que possam acarretar transtornos à coletividade através de usos inadequados;
- b) As Faixas de Drenagem como sendo as faixas de terreno compreendendo os cursos d'água, córregos ou fundos de vale, dimensionados de forma a garantir o perfeito escoamento das águas pluviais das bacias hidrográficas.

Cabe a Secretaria Municipal do Meio Ambiente a determinação dos Setores Especiais de Preservação dos Fundos de Vale. Já as Faixas de Drenagem devem obedecer aos seguintes requisitos:

- I - Apresentar uma largura mínima de forma a acomodar satisfatoriamente um canal aberto (valeta) cuja seção transversal seja capaz de escoar as águas pluviais da bacia hidrográfica à montante do ponto considerado.
- II - Para a determinação da seção de vazão, deverá a bacia hidrográfica ser interpretada como totalmente urbanizada e ocupada.
- III - Os elementos necessários aos cálculos de dimensionamento hidráulico, tais como intensidade das chuvas, coeficiente de escoamento "run-off", tempos de concentração, coeficiente de distribuição das chuvas e tempos de recorrência, serão definidos pelo órgão técnico levando sempre em consideração as condições mais críticas.

A lei cria o Fundo Municipal do Meio Ambiente, que através de doações orçamentárias, de arrecadações de multas previstas em lei, de auxílios, contribuições e doações da União, do Estado, do Município, de empresas públicas, sociedades de economia mista, fundações, de

pessoas físicas e jurídicas, de organismos públicos e privados, nacionais e estrangeiros, concentra recursos destinados ao investimento em projetos de interesse ambiental incluindo faixas de drenagem. O Município de Curitiba, por intermédio de convênio ou consórcios, pode repassar ou conceder auxílio financeiro a instituições públicas ou privadas sem fins lucrativos, para a execução de serviços onde haja interesse ambiental.

Através do instrumento de Educação Ambiental, a lei busca a participação da sociedade com a implantação de programas de Educação Ambiental na Rede Municipal de Ensino, em todas as áreas do conhecimento e no decorrer de todo o processo de aprendizagem, para outros segmentos da sociedade que atuam como agentes multiplicadores através dos meios de comunicação e por meio de atividades desenvolvidas por órgãos e entidades do Município e junto às entidades e Associações Ambientalistas, por meio de atividades de orientação técnica.

Esta ferramenta é muito válida, pois determina uma grande participação da população na colaboração para com os passivos que interferem na drenagem urbana. Não se trata apenas do dever e obrigação de realizar a ligação do esgoto doméstico na rede coletora de esgotos, promover o correto encaminhamento dos resíduos sólidos gerados, não lançar qualquer tipo de efluente ou resíduo nos canais de drenagem, mas também incumbe a ela o dever de denunciar qualquer infração da lei para que a Secretaria Municipal de Meio Ambiente tome as medidas cabíveis.

O desrespeito aos dispositivos estabelecidos pela Lei Municipal nº 7.833/1991 além de possibilitar impactos negativos ao meio ambiente como a supressão da mata ciliar e assoreamento do sistema de drenagem, pode desencadear em multa aplicada pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente de acordo com a gravidade diagnosticada pelo Órgão e em outras sanções civis e penais.

5.2.2. Lei Municipal nº 9.800 de 03 de Janeiro de 2000

Esta ferramenta legislativa é definida com a Lei do Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no Município de Curitiba. O documento divide o território da cidade em zonas e setores e estabelece critérios e parâmetros de uso e ocupação do solo a fim de orientar e ordenar o crescimento da cidade. Cabe ao Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC o monitoramento e a coordenação do

crescimento urbano da capital paranaense. São negociados recursos com organismos internacionais como o Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID e o Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento - BIRD, com o Banco Nacional de Desenvolvimento - BNDES, Fundo Estadual de Desenvolvimento Urbano, Governo Federal, entre outros. O Instituto propõe incentivos ou desestímulos à ocupação e ao adensamento, segundo o planejamento integrado da Cidade. Entre os objetivos da Lei Municipal nº 9.800 de 2000 que tangem a temática da drenagem urbana estão:

- 1) Incentivo à ocupação ordenada ao longo dos eixos de ligação com os demais municípios da Região Metropolitana de Curitiba – RMC;
- 2) Desenvolvimento e recuperação das áreas periféricas integrando-as ao espaço urbano;
- 3) Preservação da escala da cidade e de seus valores naturais, culturais e paisagísticos;
- 4) Participação da comunidade na gestão urbana.

Esta lei estabelece as zonas e setores de uso como o Setor Especial do Anel de Conservação Sanitário-Ambiental que dispõe de lei específica, a Lei Municipal nº 9.805 de 03 de janeiro de 2000. Para o adensamento urbano foram criados os Setores Especiais dos Eixos de Adensamento que compreendem:

- I – Setor Especial da BR-116;
- II – Setor Especial da Av. Marechal Floriano Peixoto;
- III – Setor Especial da Av. Comendador Franco;
- IV – Setor Especial da Av. Pres. Wenceslau Braz;
- V – Setor Especial da Av. Pres. Affonso Camargo;
- VI – Setor Especial da Rua Engenheiro Costa Barros.

Apenas o Setor Especial da Rua Engenheiro Costa Barros não intercepta a Bacia Hidrográfica do Rio Belém, os demais setores cruzam ou apresentam uma parcela de sua extensão presentes na Bacia. Considerando que a Bacia do Belém encontra-se altamente urbanizada, os setores definidos pela presente lei para o adensamento populacional de Curitiba estão praticamente todos inseridos na Bacia do Belém, ou seja, a situação da Bacia tende a se agravar pelo aumento da população e consequentemente o aumento da impermeabilização dos solos.

Os parâmetros de uso e ocupação do solo para estes e os demais setores especiais, em função da dinâmica de crescimento e estudos desenvolvidos pelo IPPUC, poderão ser ajustados por intermédio de ato do Poder Executivo Municipal.

Outro setor importante é o Setor Especial de Habitação de Interesse Social – SEHIS que compreende as áreas onde existe interesse público em ordenar a ocupação por meio de urbanização e regularização fundiária, em implantar ou complementar programas habitacionais de interesse social, e que se sujeitam a critérios especiais de parcelamento, uso e ocupação do solo. A desocupação de áreas inundáveis para o restabelecimento da mata ciliar é uma importante ação que tende a contribuir nos processos erosivos que prejudicam o sistema de drenagem das águas pluviais.

Para cada zona ou setor há critérios de assentamento e implantação da edificação no terreno que são estabelecidos por parâmetros como a taxa de permeabilidade, percentual da área do terreno que deve ser mantido permeável, que poderá ser reduzida, substituída ou complementada através da implantação de mecanismos de contenção de cheias de acordo com o tipo de atividade e a zona ou setor onde se localiza.

O ponto crucial desta ferramenta é o monitoramento do uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Belém e demais bacias. É necessário mais investimento neste Órgão para que haja um maior corpo técnico atuando na fiscalização do zoneamento urbano evitando construções irregulares que possam comprometer ainda mais as condições da bacia do Belém.

FRAGOMENI (2000) afirma que esta ferramenta encontra-se confusa e imprecisa, não está clara a forma de participação pública, inclusive quanto ao exercício do direito de vizinhança. O autor sugere que o conselho de planejamento deva ser revisado e instituído com maior participação de representantes da comunidade, incluindo os bairros como núcleos do processo de desenho urbano.

O mesmo autor salienta que a Lei Municipal nº 9.800 de 2000 abre a possibilidade do território curitibano abrigar mais de 6 milhões de habitantes e desconsidera os parâmetros ambientais e paisagísticos na definição dos módulos de planejamento e das zonas que compõem o município.

5.2.3. Lei Municipal nº 9.805 de 03 de Janeiro de 2000

No ano de 2000, foi criado o Setor Especial do Anel de Conservação Sanitário-Ambiental com a finalidade de incentivar e garantir o uso adequado das faixas de drenagem, bem como a manutenção das faixas de preservação permanente, garantindo o bom escoamento das águas superficiais, recuperação da mata ciliar e a minimização dos problemas de enchente. A Secretaria Municipal do Meio Ambiente, servindo-se de instituições como o IPPUC e a SMOP, é responsável pela gestão das faixas de preservação criadas pela presente lei e garantir seu uso adequado e manutenção utilizando-se de recursos da Prefeitura Municipal de Curitiba.

Segundo o Artigo 2º, este setor é formado por espaços ao longo dos rios, córregos e arroios, compreendendo as faixas de preservação permanente e áreas contíguas. Os rios da Bacia do Rio Belém que estão inclusos na lei, apresentam as seguintes áreas de preservação:

No rio Belém:

- a) faixa de 40,00 metros, para cada lado do rio, a partir da margem, no trecho compreendido entre a divisa intermunicipal ao norte e o Passeio Público;
- b) faixa de 50,00 metros, para cada lado do rio, a partir da margem, no trecho compreendido entre a Av. Affonso Camargo e o Rio Iguaçu.

No córrego Areãozinho:

- a) faixa de 40,00 metros, para cada lado do córrego, a partir da margem, no trecho compreendido entre a Rua Lima Barreto e o Rio Belém;

Os demais rios da Bacia Hidrográfica do Rio Belém não estão inseridos na presente lei, pois é deduzido que estes se encontram completamente descaracterizados, dispostos em galerias pluviais cobertos por ruas, avenidas e inclusive residências. Como estabelecer uma faixa de preservação para um curso hídrico que foi “tombado” pelo processo de urbanização?

As áreas delimitadas pela própria Lei Municipal nº 9.805 de 03 de Janeiro de 2000 apresentam-se descaracterizadas. Tomando como exemplo o trecho compreendido entre a divisa intermunicipal ao norte e o Passeio Público, a faixa de preservação estabelecida de 40 metros a partir de cada margem do rio comporta diversas residências adjacentes às margens e há trechos onde não existe vegetação nas margens. Para a preservação da faixa de drenagem e a recuperação da mata ciliar a fim de garantir o bom escoamento das águas pluviais e assim evitar as enchentes, há que se conscientizar a população ribeirinha da problemática existente e assim analisar a viabilidade da transferência destas populações para áreas sem risco de enchentes.

Estas áreas contíguas são destinadas a implantação de áreas de retenção de águas, de parques, de equipamentos públicos e de sistema viário. As condições especiais de uso e ocupação do solo bem como os critérios de transferência de potencial para outro lote serão objeto de regulamentação específica. A manutenção e recuperação da área, em caso de danos ambientais, serão enquadradas segundo as disposições da Lei Municipal nº 7833 de 1991. Os terrenos do Setor Especial do Anel de Conservação Sanitário Ambiental que tenham sido autorizados para ocupação com condições especiais passam a serem indivisíveis independente de sua área.

Muitas cidades no exterior e no Brasil tem adotado a desapropriação da propriedade privada para manter a faixa de preservação. Esta desapropriação é realizada por intermédio de indenizações do valor calculado da propriedade ou por reassentamento da população localizada em áreas de risco para conjuntos habitacionais, como vem sendo feito em outras Bacias Hidrográficas de Curitiba pela Companhia de Habitação Popular de Curitiba – COHAB com recursos do Programa Minha Casa Minha Vida do Governo Federal. A situação é delicada e deve ser tratada com atenção visto que famílias foram criadas por gerações em certos locais e o valor pela propriedade deixa de ser puramente econômico.

Segundo o jornal A Gazeta do Povo do dia 24 de Novembro de 2012, o valor necessário para a prefeitura de Curitiba realocar todas as famílias que vivem em pontos suscetíveis a inundações na capital, tanto em áreas de ocupação irregular quanto regular, seria R\$ 54,9 bilhões. O valor bilionário, segundo a prefeitura, inviabiliza a promoção de transferências em massa da população que reside nas áreas próximas aos rios. A estimativa leva em conta os custos com reassentamento e desapropriação de 31,1 mil domicílios, onde moram hoje 109,1 mil

pessoas, população quase equivalente à de Campo Largo, na Região Metropolitana de Curitiba.

5.2.4. Plano Diretor de Drenagem da RMC (2002)

A antiga Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – SUDERHSA, hoje Instituto das Águas do Paraná, vinculada à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos executa serviços de engenharia e gerencia os recursos hídricos superficiais e subterrâneos e responde como órgão executivo gestor do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado – SEGRH/PR.

Sob responsabilidade da antiga SUDERHSA foi desenvolvido o Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu com aplicação na Região Metropolitana de Curitiba, com a finalidade de reverter a tendência de agravamento das enchentes, contribuindo para manter as vazões previstas para o rio Iguaçu e canal paralelo.

O Plano Diretor de Drenagem da Região Metropolitana de Curitiba (RMC) compreende as bacias dos afluentes do Rio Iguaçu desde seus formadores, os rios Iraí e Atuba, até as bacias dos rios Itaqui. Este conjunto de bacias é denominado como Bacia do Alto Iguaçu e abrange 14 municípios da RMC: Almirante Tamandaré, Araucária, Balsa Nova, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Campo Magro, Colombo, Curitiba, Fazenda Rio Grande, Mandirituba, Pinhais, Piraquara, Quatro Barras e São José dos Pinhais.

O objetivo do PDD é fornecer às instituições públicas e à comunidade da Bacia do Alto Iguaçu subsídios técnicos e institucionais que permitam reduzir os impactos das cheias na sua área de abrangência. O Plano foi desenvolvido em dez módulos de trabalho, cada qual com seu objetivo principal:

- 1) **Sistema Institucional:** Definir o arranjo institucional a ser implementado pelo Plano;
- 2) **Ações Não Estruturais:** Controlar a drenagem urbana através de medidas de controle do uso do solo;
- 3) **Avaliação da Capacidade do Sistema de Drenagem Atual:** Caracterizar o sistema de macrodrenagem, efetuar sua modelagem matemática e mapear as áreas de risco de inundação;

- 4) **Medidas de Controle de Cheias:** Estudar, otimizar e propor medidas estruturais de controle;
- 5) **Plano de Ação para Situações de Emergência:** Organizar um plano para atender a população afetada por inundações;
- 6) **Manual de Drenagem Urbana:** Fornecer subsídios técnicos às entidades responsáveis pela implementação do Plano;
- 7) **Subsídios Técnicos e Econômicos:** Desenvolver estudos de custo-benefício para uma bacia piloto;
- 8) **Capacitação Técnica:** Ministrando curso sobre o Plano Diretor aos técnicos responsáveis por sua implementação;
- 9) **Sistema de Proteção contra Enchentes do Jardim São Judas Tadeu:** Desenvolver o projeto de um sistema de proteção para área habitada situada em cota inferior à cota de inundação;
- 10) **Sistema de Divulgação e Interação com os Usuários:** Projetar quatro folhetos e um site na internet para divulgar o Plano Diretor, estimular a população e entidades afins a participar da concretização das suas propostas.

A gestão inclui medidas para o monitoramento do Plano, envolvendo acompanhamento de ações e verificação de resultados, atualização periódica e regulamentação, composta de dispositivos legais de incentivo, fiscalização e indução à adoção das medidas propostas, aplicáveis à macro e microdrenagem. O Manual de Drenagem Urbana, o Plano de Ação para Situações de Emergência e o Programa de Capacitação Técnica integram também o suporte ao Sistema de Gestão.

As principais medidas de controle a serem implantadas consistem em obras de retenção, ocupação das várzeas de inundação por parques lineares, alterações dos códigos e leis que regulam o zoneamento, as edificações e o parcelamento do solo. De modo geral, as principais medidas propostas visam o retardamento do escoamento das águas pluviais que vão de encontro com o pensamento anterior onde o objetivo era promover o mais rápido escoamento a fim de livrar-se imediatamente das vazões. Esta mudança de concepção representa um grande avanço para o controle das enchentes urbanas. As soluções apresentadas são em nível de planejamento e as medidas de controle propostas, em nível de anteprojeto. Para sua efetivação é necessário que as medidas de controle propostas sejam detalhadas em projetos executivos, elaboradas seguindo as realidades específicas de cada município.

Devido à complexidade e relações existentes entre os diversos pontos abordados pelo Plano Diretor, os temas não devem ser analisados isoladamente, mas de um modo holístico. O sucesso do Plano depende da ação articulada entre os municípios, do Estado e das entidades representativas da sociedade, através do Comitê da Bacia, pois a redução das inundações em um determinado município pode depender de medidas de controle implantadas nos municípios vizinhos situados a montante.

Os Recursos Financeiros para a implementação das intervenções previstas no Plano tem origem através de financiamento de diversas fontes e do Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FRHI/PR, sob gerenciamento da antiga SUDERHSA, hoje Instituto das Águas do Paraná. O estabelecimento de um fundo específico para a execução das medidas propostas é por si só um grande avanço. No entanto, desde sua criação, pouco deste recurso foi investido na Bacia Hidrográfica do Rio Belém, assim como as medidas propostas pelo Plano.

Para a implementação e resultados efetivos do Plano Diretor de Drenagem, é essencial a participação de toda a sociedade, cidadãos e empresários, aliados aos trabalhos dos especialistas e técnicos diretamente envolvidos com as ações e medidas propostas nas Bacias que fazem parte do Plano.

Com a implantação das medidas de controle propostas pelo Plano, a população é beneficiada pela redução gradativa das áreas inundáveis e dos efeitos das enchentes. Como impacto positivo adicional todas as áreas com intervenção recebem tratamento paisagístico e funcional a fim de transformá-las em áreas de uso comum, integradas ao contexto do bairro ou região, revitalizando o tecido urbano e, consequentemente, obtendo melhoria da qualidade de vida e valorização imobiliária do entorno.

5.2.5. Sistema de Monitoramento e Alerta da Bacia do Alto Iguaçu

O Instituto das Águas do Paraná desenvolveu e implantou um Sistema de Previsão de Cheias para a Região Metropolitana de Curitiba (PDDRM 2002), local onde já foi palco de diversas enchentes. Baseado em uma rede de monitoramento, o sistema faz a modelagem do meio físico e, por intermédio de simulações, é capaz de realizar as previsões. O Sistema de Previsão de Cheias é composto por 34 estações telemétricas que enviam informações em tempo real para o Instituto Águas do Paraná, informando a precipitação e o nível dos rios. A partir

- 5) Bateria;
- 6) Estação base.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Belém atualmente existe apenas uma Estação Telemétrica em operação que contribui para o Sistema de Monitoramento e Alerta do Alto Iguaçu, a Estação Curitiba Prado Velho. A Estação, localizada na Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), abrange um área de 42 km² e foi instalada em 1999, tendo suas atividades iniciadas em 2000. A transmissão dos dados de pluviometria e fluviometria em tempo real, atualmente, não se encontra em funcionamento devido a defeitos técnicos no moldem. O sistema está realizando apenas a coleta dos dados. Houve, no período de 2003 a 2006 em operação, a Estação Telemétrica na sede do Parque São Lourenço. A Estação atualmente está desativada e o Instituto Águas do Paraná pretende reativá-la em 2013 para aumentar o monitoramento na Bacia do Rio Belém.

A ausência de manutenção e investimento no monitoramento de enchentes é visível. O único equipamento existente em funcionamento está danificado e ultrapassado. A Agência Nacional de Águas (ANA) em acordo com o Estado do Paraná irá oferecer novos equipamentos para as Estações de monitoramento existentes e há ainda a previsão de instalação de novas Estações Telemétricas, inclusive na Bacia do Rio Belém. A falta de um sistema de monitoramento e alerta de enchentes confiável, deixa de contribuir para a prevenção dos impactos gerados pelas enchentes. A sociedade, que é o receptor majoritário das consequências ocasionadas pelas enchentes, deve cobrar dos Órgãos gestores para que este cenário atual mude, pois em se tratando da Bacia Hidrográfica do Rio Belém, uma bacia completamente urbanizada, há necessidade de um Sistema de Monitoramento de Enchentes que inclua toda sua malha fluvial e ao mesmo tempo funcione de modo a prevenir a população de possíveis eventos hidrológicos.

5.2.6. Lei Municipal nº 10.785 de 18 de Setembro de 2003

A presente lei criou no município de Curitiba o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE cujo objetivo é a instituição de medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para a captação de água nas novas edificações, além da conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água. Após três anos, em 22 de Março de

2006, foi regulamentada pela Secretaria Municipal de Urbanismo por intermédio do Decreto Municipal nº 293.

As diretrizes apresentadas na Lei Municipal nº 10.785 devem ser observadas na elaboração e no momento da aprovação dos projetos de construção de novas edificações destinadas aos usos ligados a Lei nº 9.800/2000 e nos casos de habitações de interesse social (Lei 9.802/2000).

No que se refere aos equipamentos, devem ser instalados hidrômetros para medição individualizada e recomenda-se a utilização de aparelhos e dispositivos economizadores de água como:

- a) Bacias sanitárias de volume reduzido de descarga;
- b) Chuveiros e lavatórios de volumes fixos de descarga;
- c) Torneiras dotadas de arejadores;

Em relação às ações de utilização de fontes alternativas, estas consistem na:

- a) Captação, armazenamento e utilização de água proveniente das chuvas;
- b) Captação, armazenamento e utilização de águas servidas.

A lei determina que a água das chuvas captada na cobertura das edificações e armazenada em reservatórios deve ser utilizada para fins que não requeiram o uso da água proveniente da rede pública de abastecimento como:

- a) Rega de jardins e hortas;
- b) Lavagem de roupa;
- c) Lavagem de veículos;
- d) Lavagem de vidros, calçadas e pisos.

A lei municipal ainda prevê ações voltadas à conscientização da população por intermédio de campanhas educativas em escolas da rede pública municipal visando o combate ao desperdício de água, discutindo o uso abusivo da água, métodos de conservação e uso racional. As novas edificações no Município de Curitiba que não cumprirem as disposições prescritas nesta lei terão o alvará de construção negado pela SMU.

Em relação ao investimento necessário para implantação do Sistema de Aproveitamento da Água da Chuva não há qualquer meio de

financiamento oferecido pelos Órgãos reguladores e fiscalizadores. Este ponto deve ser discutido com os referidos Órgãos, pois os custos de implantação deste sistema são ainda onerosos.

A água armazenada pelos reservatórios projetados deve ser utilizada em substituição à água fornecida pela concessionária e não como forma de complementação. Neste caso, o uso da água pluvial para fins como rega de jardim e lavagem de calçada proporcionaria uma redução na utilização da água fornecida pela SANEPAR, contribuindo com os recursos naturais no uso consciente dos mananciais. Os aspectos criados pela lei despertam a preocupação ambiental por parte da população. Além do impacto positivo na natureza, esta medida proporciona economia aos usuários pela utilização de uma fonte alternativa de água para a substituição nos casos anteriormente citados.

FENDRICH (2012) coloca que se a utilização for para Águas Cinza de Reuso, a lei não especifica nenhum parâmetro de qualidade que deverão atender essas águas, colocando assim em perigo a saúde dos usuários deste sistema. A regulamentação do Reuso das Águas Cinza deveria ter ocorrido somente após o desenvolvimento de estudos e pesquisas, a fim de fornecer aos usuários os critérios e os parâmetros de qualidade das águas cinza de reuso nas instalações prediais.

5.2.7. Decreto Municipal n° 293 de 28 de Março de 2006

O Decreto Municipal n° 293 foi apresentado pela Secretaria Municipal de Urbanismo em 28 de Março de 2006 com o objetivo de regulamentar a Lei Municipal n° 10.785 e dispor os critérios de uso e conservação racional da água nas edificações. A partir deste decreto, para obtenção de licenciamento para novas construções no Município de Curitiba é necessário que no projeto de instalações hidráulicas estejam previstas a implantação de sistema de captação das águas pluviais.

O dimensionamento do volume necessário para a cisterna ou reservatório em edificações habitacionais, segundo o decreto, é calculado mediante a aplicação da seguinte fórmula:

$$V = N \times C \times d \times 0,25 \quad (1)$$

Onde,

V = Volume em litros;

N = Número de unidades habitacionais;

C = Consumo diário em litros/dia, conforme a seguinte tabela:

Tabela 04: Consumo diário em habitações.

Quantidade de quartos	Consumo (litros/dia)
1 (um)	400
2 (dois)	600
3 (três)	800
4 (quarto), ou mais	1000

Fonte: Decreto Municipal nº 293, 2006.

d = Número de dias de reserva = 2 (Exigência da Concessionária Pública SANEPAR para água potável).

Nos casos que consistem em edificações comerciais, o dimensionamento do volume necessário para a cisterna ou reservatório é calculado conforme a aplicação da fórmula:

$$V = A_C \times 0,75 \quad (2)$$

Onde,

V = Volume em litros;

A_C = Área total computável da edificação.

Conforme § 5º o volume mínimo estabelecido para todos os casos é de 500 litros.

A fim de realizar uma simulação do dimensionamento do volume do reservatório proposto pelo decreto, foi aplicada a equação (1) para o Edifício Engler, localizado na Rua 24 de maio nº980 no bairro Rebouças constando as seguintes informações:

N = 28 unidades habitacionais;

C = 800 L/dia (3 quartos);

d = 2 dias.

Obtendo-se:

$$V = 28 \times 800 \times 2 \times 0,25 \therefore V = 11200L$$

Para fim de comparação, considerando que o reservatório dimensionado pelo decreto seja utilizado como reservatório de detenção, pode-se realizar uma simulação aplicando a equação desenvolvida por FENDRICH (2002), a Expressão dos Volumes de Detenção Distribuída das Águas Pluviais para o Município de Curitiba , no Bairro Rebouças:

$$V = C_R \times A_C \quad (3)$$

Onde,

C_R = coeficiente de escoamento superficial regional (mm/m²)

A_C = Área de coleta das águas pluviais (m²).

Sendo o C_R na Litologia Formação Guabirotuba = 20,5 mm/m² e a Área de coleta das águas pluviais no edifício A_C = 200 m², o volume de detenção resulta:

$$V = 20,5 \times 200 \therefore V = 4100L$$

Assim, pelo método de FENDRICH (2002), o reservatório de detenção das águas pluviais deve possuir apenas 37% do volume calculado pela expressão do Decreto n° 293/2006, confundindo os projetistas de sistemas hidráulico-sanitários prediais.

Existem diversas lacunas presentes nas premissas do Decreto Municipal n° 293. Não há um esclarecimento quanto à natureza do reservatório, se este representa um reservatório de detenção ou reservatório destinado ao armazenamento de Águas Cinza de Reuso. O número de dias de reserva é o mesmo utilizado pelas concessionárias no abastecimento de água potável. Em relação à manutenção, não há qualquer informação referente a periodicidade com que se deva realizar inspeção e limpeza do reservatório.

Segundo FENDRICH (2012), em caso de utilização do reservatório com finalidade de armazenamento das Águas Cinza para Reuso, não há especificação dos Parâmetros de Qualidade dessas águas. A própria Lei Municipal n° 10.785 de 2003 não fornece nenhum subsídio referente à qualidade da água para esta situação. Nos casos onde o reservatório for destinado a detenção das águas pluviais para utilização em fins não potáveis, o autor ainda salienta a ausência de

especificações do dimensionamento do reservatório de auto-limpeza para sedimentação das impurezas presentes no telhado da edificação.

O decreto determina que a execução dos mecanismos previstos no projeto citado no “CAPUT” do Art. 2º é de responsabilidade do proprietário e do profissional responsável pela execução da obra, devendo a mesma ser concluída antes da habitação da edificação. Sendo assim, isenta a Prefeitura Municipal de Curitiba, representada pela Secretaria Municipal de Urbanismo, da responsabilidade de qualquer eventualidade que possa por ventura ocorrer.

O reservatório descrito no presente decreto, sendo considerado para a detenção das águas pluviais, representa um amortecimento no volume gerado pelas precipitações, contribuindo na prevenção contra às enchentes urbanas. Em residências onde foram implantados reservatórios de águas pluviais, o período de retorno do investimento variou de 3 a 8 anos, tendo em conta o aproveitamento da água da chuva como forma de substituição da água oriunda do abastecimento urbano na utilização em determinadas atividades.

5.2.8. Decreto Municipal nº 176 de 27 de Março de 2007

As graves consequências das inundações e alagamentos que ocorrem periodicamente nas áreas urbanizadas de Curitiba, devido ao impacto direto causado no sistema de drenagem pela impermeabilização das bacias hidrográficas resultante das edificações e pavimentações, fomentaram a necessidade da criação de um dispositivo que estabeleça critérios para o dimensionamento e implantação dos mecanismos de contenção de cheias, as bacias ou reservatórios de detenção. A implantação destes reservatórios tem por objetivo acumular o máximo possível dos excedentes hídricos, possibilitando assim o retardamento do pico das enchentes.

Torna-se obrigatória a implantação de reservatórios de detenção nos novos empreendimentos, ampliações e/ou reformas situados em ZC – Zona Central, Setor Especial Histórico, Setor Especial Eixo Barão – Riachuelo, Setor Especial Preferencial de Pedestres, Setor Especial Estrutural – Via Central e Vias Externas, independente da área impermeabilizada. No entanto, os imóveis que contenham Unidades de Interesse de Preservação, localizados nas áreas anteriormente mencionadas, estão excluídos da obrigatoriedade.

A implantação de reservatórios de retenção é também obrigatória nos casos:

- a) de novos empreendimentos, ampliações e/ou reformas, independente do uso e localização, que impermeabilizem área igual ou superior a 3.000 m²;
- b) de novos empreendimentos, ampliações e/ou reformas independente do uso e localização, que apresentem redução da taxa de permeabilidade de 25%;

Quando implantado reservatório de retenção, a Secretaria Municipal de Urbanismo – SMU poderá autorizar taxa de permeabilidade abaixo de 25% se solicitado pelo proprietário. Conforme o §2.º, artigo 5º., o dimensionamento do volume do reservatório de retenção onde houver redução da taxa de permeabilidade:

- a) de 25% até 15% será considerada a área total impermeabilizada no lote;
- b) Abaixo de 15% será considerada para cálculo a área total do terreno, mantendo o paisagismo no recuo obrigatório do alinhamento predial, exceto nas Zonas de Serviço onde é esse facultado.

São consideradas áreas impermeáveis, além das edificações, as áreas destinadas a piscinas, acessos de veículos, estacionamentos descobertos e canchas descobertas, independente do tipo de revestimento do piso.

Segundo o decreto, o dimensionamento do volume necessário para o reservatório de retenção é calculado com base na seguinte fórmula:

$$V = K \times I \times A \quad (4)$$

Onde,

V = Volume do reservatório;

K = Constante dimensional = 0,20;

I = Intensidade da chuva = 0,080 m/h;

A = Área prevista conforme o §2.º, artigo 5º.

Realizando uma simulação para a situação onde se tenha um lote com 25% de permeabilidade e área impermeabilizada $A = 200 \text{ m}^2$:

$$V = 0,20 \times 0,080 (\text{m/h}) \times 200 (\text{m}^2) \therefore V = 3,2 \text{ m}^3/\text{h} \therefore V = 11,52 \text{ L/s}$$

Observa-se que o resultado gerado consiste em Vazão e não em Volume, como mencionado pelo decreto. Outro detalhe em que o decreto ocasiona dúvida é em relação à ausência do Tempo de Duração da chuva para esta situação.

Além da definição de critérios de dimensionamento, o decreto estabelece as responsabilidades dos atores envolvidos. Este determina a responsabilidade para a SMOP, a análise dos projetos de empreendimentos que necessitem da implantação de mecanismos de contenção de cheias, bem como a fiscalização da execução dos mesmos.

Os casos ausentes no decreto ficam a cargo da análise do Conselho Municipal de Urbanismo - CMU, ouvida a Secretaria Municipal de Obras Públicas e a Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Em relação ao investimento necessário para execução do reservatório de detenção não há qualquer subsídio ou meio de financiamento oferecido pelos Órgãos reguladores e fiscalizadores.

A legislação define também responsabilidade aos proprietários dos imóveis que possuam reservatório de detenção. Deixando a eles a obrigação de zelar pela manutenção e limpeza periódica do reservatório, de modo a garantir o perfeito escoamento das águas pluviais. O bom funcionamento do sistema implantado colabora na detenção distribuída das águas pluviais auxiliando na prevenção contra enchentes, minimizando os prejuízos econômicos aos cofres públicos e aos cidadãos.

No entanto, os cuidados necessários no momento da manutenção e limpeza, assim como sua periodicidade não são estabelecidos pelo decreto. A negligência por parte do proprietário do imóvel, onde o reservatório de detenção foi instalado, aliada a falta de informações para o seu correto funcionamento, pode gerar uma fonte de contaminação por doenças de veiculação hídrica, como a leptospirose que pode ser adquirida pela invasão da bactéria por pequenas lesões na pele ou pelas mucosas em contato com a água.

5.2.9. Plano Diretor de Drenagem de Curitiba (2012)

O Plano Diretor de Drenagem (PDD) da cidade de Curitiba está sendo desenvolvido em parceria, pelas empresas Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos - Cobrape e Paralela, por solicitação da Prefeitura de Curitiba. No momento, encontra-se em fase de audiências públicas com as lideranças comunitárias dos bairros das diferentes regiões da cidade, com a finalidade de ouvir as propostas para a prevenção e combate a cheias antes da conclusão do Plano.

O Plano de Drenagem começou a ser elaborado em março de 2011 e antes de ser encaminhado à Câmara Municipal para ser transformado em lei, ele passará por uma última audiência pública. A previsão é que ele seja oficialmente criado no início do ano de 2013. O PDD está sendo desenvolvido nas bacias que estão inseridas no território de Curitiba: Atuba, Belém, Passaúna, Barigui, Ribeirão dos Padilhas e trecho do Rio Iguaçu, dentro dos limites de Curitiba. Em cada um desses rios, foram levantados pontos de alagamentos frequentes.

Também integram o estudo, informações referentes ao impacto da vazão contribuinte dos rios dos municípios vizinhos à Capital. Em relação ao monitoramento, uma das ações do PDD é a implantação de um sistema de monitoramento dos rios, para controlar os níveis das águas e também o grau de poluição dos mesmos. Porém a análise de qualidade da água pelo sistema pode não corresponder com a mesma precisão observada em análises realizadas em laboratório considerando os diversos parâmetros físico-químicos. O monitoramento proposto terá estações de controle, que permitirão ações futuras de controle das cheias.

O PDD ainda prevê a criação de um fundo de combate às enchentes, que pode ser criado com recursos próprios, repasses estaduais ou federais, através de imposto sob o uso da água por exemplo. Esta ferramenta será muito importante para o auxílio na prevenção das enchentes e na mitigação dos impactos causados por elas na Bacia Hidrográfica do Rio Belém. A linha de atuação do novo PDD no combate as enchentes, consiste basicamente no retardo do escoamento dentro da própria calha do rio, por meio do alargamento de seu canal e aprofundamento do seu leito, associado à detenção distribuída das águas pluviais nas vias de tráfego urbano. Tal concepção envolve uma recente metodologia para o controle das enchentes evitando a concentração de grandes volumes das águas pluviais em um único reservatório passando

a ser distribuído em diversos reservatórios inseridos nas vias de tráfego e na própria calha do rio.

Entre as ações que estão previstas no novo Plano Diretor de Drenagem de Curitiba encontram-se: A revitalização dos rios, a adequação da estrutura de drenagem, a implantação de bacias de contenção e acumulação, o monitoramento do lançamento de esgoto e ações de desassoreamento e limpeza (Prefeitura de Curitiba, 2012).

Os resultados e a discussão possibilitaram a criação de um quadro geral resumido (Quadro 06) que realiza a síntese das medidas de controle de enchentes existentes e previstas, segundo cada categoria, para a Bacia Hidrográfica do Rio Belém. As medidas propostas não foram incluídas no Quadro 06 por não apresentarem local exato de aplicação e sem garantia que serão implantadas.

Quadro 06: Síntese das Medidas de Controle de Enchentes.

		CATEGORIAS								
Rio	Medida	Tipo	Aplicação	Gestão	Conservação	Manutenção	Investimento	Influência Escoamento	Participação Sociedade	Impactos (+/-)
Belém	Reservatório de retenção – Parque São Lourenço	E	Pequenos e médios rios	SMMA	Conservado	Pouco frequente	Municipal e Empresas privadas	Retardamento	AMA São Lourenço	Lazer, ↑ volume amortecido, acúm. poluentes
Belém	Canais e Lago – Passeio Público	E	Pequenos e médios rios	SMMA	Conservado	Pouco frequente	Municipal	Aceleração	Não	Lazer, acúm. poluentes
Belém	Canais e Galerias	E	Pequenos e médios rios	SMOP	Pouco conservado	Esporádica	Municipal, estadual e federal	Aceleração e desvio	Pouca	Descaracterização do rio, transferência de impacto a jusante
Ivo	Canais e Galerias	E	Pequenos e médios rios	SMOP	Pouco conservado	Esporádica	Municipal	Aceleração e desvio	Pouca	Descaracterização do rio, transferência de impacto a jusante

Quadro 06: Síntese das Medidas de Controle de Enchentes. (Continuação)

		CATEGORIAS								
Rio	Medida	Tipo	Aplicação	Gestão	Conservação	Manutenção	Investimento	Influência Escoamento	Participação Sociedade	Impactos (+/-)
Juvevê	Canais e Galerias	E	Pequenos e médios rios	SMOP	Pouco conservado	Esporádica	Municipal	Aceleração e desvio	Pouca	Descaracterização do rio, transferência de impacto a jusante
Água Verde	Canais e Galerias	E	Pequenos e médios rios	SMOP	Pouco conservado	Esporádica	Municipal	Aceleração e desvio	Pouca	Descaracterização do rio, transferência de impacto a jusante
Pilarzinho	02 Reservatórios de detenção (previstos)	E	Pequenos e médios rios	SMOP	-	-	Federal	Retardamento	-	Alteração no ecossistema local, lazer, ↑ volume amortecido
Juvevê	03 Reservatórios de detenção (previstos)	E	Pequenos e médios rios	SMOP	-	-	Federal	Retardamento	-	Alteração no ecossistema local, lazer, ↑ volume amortecido

Quadro 06: Síntese das Medidas de Controle de Enchentes. (Continuação)

		CATEGORIAS								
Rio	Medida	Tipo	Aplicação	Gestão	Conservação	Manutenção	Investimento	Influencia Escoamento	Participação Sociedade	Impactos (+/-)
Pilarzinho	Perfilamento (Previsto)	E	Pequenos e médios rios	SMOP	-	-	Federal	Aceleração	-	Descaracterização do rio, transferência de impacto a jusante
Belém	Perfilamento (Previsto)	E	Pequenos e médios rios	SMOP	-	-	Federal	Aceleração	-	Descaracterização do rio, transferência de impacto a jusante
Água Verde	Perfilamento (Previsto)	E	Pequenos e médios rios	SMOP	-	-	Federal	Aceleração	-	Descaracterização do rio, transferência de impacto a jusante
Todos	Lei Municipal nº 7.833/1991	NE	Pequenas, médias e grandes bacias	SMMA	-	-	Municipal, estadual, federal, ONGs, setor privado	-	Pouca	Preservação e proteção do Meio Ambiente

Quadro 06: Síntese das Medidas de Controle de Enchentes. (Continuação)

		CATEGORIAS								
Rio	Medida	Tipo	Aplicação	Gestão	Conservação	Manutenção	Investimento	Influencia Escoamento	Participação Sociedade	Impactos (+/-)
Todos	Lei Municipal nº 9.800/2000	NE	Pequenas, médias e grandes bacias	IPPUC	Regular	Regular	Estadual, federal, BID, BIRD, BNDES.	-	Pouca	Ordenação da ocupação
Belém e Areião -zinho	Lei Municipal nº 9.805/2000	NE	Pequenas, médias e grandes bacias	SMMA, IPPUC e SMOP	Regular	Regular	Municipal, estadual e federal	-	Pouca	Preservação das faixas de drenagem e APPs
Todos	Plano Diretor de Drenagem para a RMC 2002	NE	Pequenas, médias e grandes bacias	Instituto Águas do Paraná	-	-	Municipal, estadual e federal	-	Pouca	Suporte na drenagem urbana para a PMC
Todos	Sistema de Monitoramento e Alerta da Bacia do Alto Iguaçu	NE	Pequenas, médias e grandes bacias	Instituto Águas do Paraná	Pouco conservado	Esporádica	Estadual	-	Pouca	Prevenção e minimização de impactos
Todos	Lei Municipal nº 10785/2003	NE	Pequenas, médias e grandes bacias	SMU	-	Necessita revisão	Municipal	Retardamento	Grande	Preservação dos recursos hídricos, conscientização da pop. no uso da água

Quadro 06: Síntese das Medidas de Controle de Enchentes. (Continuação)

		CATEGORIAS								
Rio	Medida	Tipo	Aplicação	Gestão	Conservação	Manutenção	Investimento	Influencia Escoamento	Participação Sociedade	Impactos (+/-)
Todos	Decreto Municipal nº 293/2006	NE	Pequenas, médias e grandes bacias	SMU	-	Necessita revisão	Municipal	Retardamento	Grande	Preservação dos recursos hídricos, abatimento no volume das águas pluviais
Todos	Decreto Municipal nº 176/2007	NE	Pequenas, médias e grandes bacias	SMU	-	Necessita revisão	Municipal	Retardamento	Grande	abatimento no volume das águas pluviais
Todos	Plano Diretor de Drenagem de Curitiba (previsto para 2013)	NE	Pequenas, médias e grandes bacias	PMC	-	-	Municipal, estadual e federal	-	Grande	Suporte na drenagem urbana para a PMC

Assim, montou-se um esquema geral, sem escala, dos locais onde se encontram as medidas de controle existentes e previstas para a Bacia Hidrográfica do Rio Belém. As medidas formam uma malha de cor verde na Figura 23, sendo as linhas representando os canais, galerias e faixas de preservação e os círculos indicando os reservatórios de retenção.

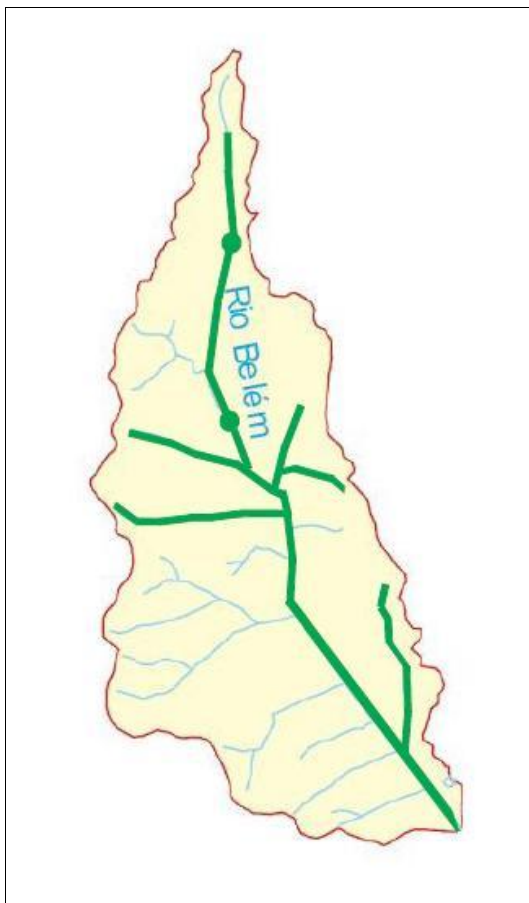


Figura 23 – Esquema geral das medidas de controle de enchentes no Município de Curitiba.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A intensa urbanização das bacias hidrográficas decorrente dos usos e ocupação dos solos vem provocando taxas de impermeabilização maiores, colaborando com o aumento dos níveis dos rios e suas áreas inundáveis. Consequentemente, observam-se com cada vez mais frequência, enchentes nas áreas urbanas e com elas os problemas oriundos das mesmas: prejuízos materiais, propagação de doenças de veiculação hídrica, desmoronamentos, perdas de vida e inúmeros outros danos.

Para amenizar os problemas causados pelas enchentes urbanas, o método clássico aplicado pelas cidades consiste no desenvolvimento de medidas estruturais que proporcionam a transferência dos impactos de montante para jusante sem qualquer controle da fonte geradora. O fluxo do escoamento gerado por esse processo provoca aumento da frequência das enchentes e entupimento dos condutos e canais por sedimentos e outros materiais e a própria degradação da qualidade da água.

Nos últimos anos, no entanto, esta perspectiva vem sendo abandonada e substituída pelo conceito de armazenamento dos picos de vazão das cheias por intermédios de reservatórios de contenção e retenção desde que haja espaço físico necessário. Estes métodos estruturais de controle de enchentes permitem o retardamento do escoamento evitando, deste modo, a propagação dos impactos a jusante.

O controle das enchentes urbanas é almejado por muitas cidades e estes eventos ainda estão longe de encerrar. No entanto, a associação de medidas estruturais e não estruturais para o controle das enchentes vem colaborando para amenizar os efeitos destes eventos hidrológicos. Fica a cargo do Poder Público a aplicação e monitoramento destas medidas, assim como a sua fiscalização.

Além do Poder Público, a sociedade apresenta um papel extremamente importante para o combate às enchentes. Esta deve exercer sua cidadania através de denúncias relacionadas às irregularidades que possam auxiliar nas enchentes, no respeito às leis de uso e ocupação do solo, áreas de preservação permanente, emissão de efluentes domésticos, destinação de resíduos sólidos, e pela cobrança das autoridades por medidas para o controle das enchentes.

Na capital paranaense, as enchentes urbanas vêm causando inúmeros transtornos e prejuízos para os curitibanos. Existe um grande número de medidas propostas por profissionais e Órgãos competentes para o controle das enchentes na Bacia Hidrográfica do Rio Belém. No entanto, percebe-se que a questão ainda não é vista pelas autoridades

como prioridade, visto a carência de investimentos no setor da drenagem urbana.

Segundo o Demonstrativo da Execução das Despesas do Município de Curitiba, no período de Janeiro a Outubro de 2012 apenas 3,5% do montante disponível nos cofres públicos foi investido em Saneamento Básico. Este valor é ainda mais preocupante se tomarmos a definição de Saneamento Básico da Lei nº 11.445 de 5 de Janeiro de 2007 que corresponde a um conjunto de serviços, infra-estrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana, ou seja, uma pequena parcela do investimento municipal é destinado às medidas de controle de enchentes.

As condições de conservação das medidas estruturais implantadas nas últimas décadas no Município de Curitiba encontram-se em estado preocupante. A manutenção dos canais, galerias e reservatórios, que deveria ser realizada periodicamente, garantindo assim o adequado escoamento das águas pluviais, é realizada pontualmente nos momentos críticos onde haja risco iminente de dano na estrutura ou quando esta esteja danificada.

A ausência de manutenção contínua contribui para a ocorrência de enchentes na Bacia Hidrográfica do Rio Belém. O acúmulo de sedimentos e presença de outros materiais que não deveriam estar presentes nas galerias e canais comprometem o escoamento e diminuem o volume útil de armazenamento das águas pluviais pelos reservatórios de detenção e retenção.

Existem inúmeros pontos críticos na Bacia Hidrográfica do Rio Belém que vêm sofrendo alagamentos e enchentes nos últimos anos e as medidas existentes já não são suficientes. Entende-se que há uma necessidade urgente, de intervenção, com medidas de controle para o combate às enchentes urbanas nas áreas abrangidas pela bacia e nas regiões de influencia à jusante da bacia.

FENDRICH (2002) propõe para o controle das enchentes urbanas no Município de Curitiba, a detenção distribuída das águas pluviais pelos sistemas de coleta, armazenamento, utilização e infiltração, assim como pelos reservatórios de detenção em todos os logradouros públicos da cidade, afim de que os níveis máximos das enchentes urbanas comecem a diminuir.

Além das medidas estruturais, as medidas não estruturais como a Lei nº 9.800 de 03 de Janeiro de 2000, que promove o ordenamento do uso e ocupação do solo, a Lei nº 9.805 de 03 de Janeiro de 2000, que cria o Setor do Anel de Conservação Sanitário-Ambiental são

importantes ferramentas no controle das enchentes e devem ser tanto acompanhadas pela Prefeitura, como respeitadas pela população.

Assim como o Plano Diretor de Drenagem de Curitiba, ainda não instituído em lei, espera-se que este seja plenamente seguido pelas gestões futuras. O plano corresponde a principal ferramenta no controle de enchentes. Caso não seja utilizado, além do desperdício de dinheiro público, as enchentes urbanas continuarão trazendo prejuízos para os curitibanos e sendo manchetes nos principais meios de comunicação de Curitiba.

A discussão, com base nas categorias propostas na metodologia, das medidas de controle de enchentes urbanas da Bacia Hidrográfica do Rio Belém, possibilitou o estabelecimento das seguintes recomendações pelo Autor:

1ª) Instalação de um Comitê da Bacia do Rio Belém para promover a participação dos cidadãos nas negociações das questões socioambientais presentes na Bacia;

2ª) A ampliação do Sistema de Monitoramento e Alerta da Bacia do Alto Iguaçu, com maior investimento em equipamentos e profissionais para atuarem na Bacia Hidrográfica do Rio Belém, visto sua importância para o Município de Curitiba e região;

3ª) Devido a presença indevida de resíduos sólidos urbanos nos canais e galerias do sistema de drenagem, há a necessidade de cobrança, por parte do poder executivo municipal, de maior eficácia da empresa responsável atualmente pela coleta dos resíduos sólidos na Capital Paranaense. Outro ponto consiste na aplicação de programas de educação ambiental para a conscientização da população, informando-a dos cuidados com a destinação final dos resíduos domésticos e seus agravantes quando presentes no sistema de drenagem;

4ª) A intensificação do programa “Se Liga na Rede” da SANEPAR, que promove a ligação dos esgotos domésticos na rede coletora de esgotos. Os esgotos domésticos são ligados de modo clandestino na rede pluvial ou lançados diretamente nos rios da Bacia Hidrográfica do Rio Belém, prejudicando assim, o sistema de drenagem e a qualidade dos corpos hídricos da Bacia;

5ª) A manutenção preventiva das medidas estruturais, com objetivo de evitar danos às estruturas para que estas cumpram suas funções no controle das enchentes urbanas. A limpeza, com maior periodicidade, dos canais, galerias e reservatórios de retenção da Bacia Hidrográfica do Rio Belém, com intuito de remover materiais e sedimentos que possam, por ventura, obstruir os condutos e consequentemente comprometer sua capacidade de escoamento;

6ª) O comprometimento da Prefeitura Municipal de Curitiba com o Plano Diretor de Drenagem, após ser transformado em lei, investindo e fazendo-se cumprir a lei, para evitar a curto, médio e longo prazo, alagamentos e enchentes na capital paranaense, além de promover a ordenação da ocupação das margens dos rios;

7ª) Necessidade de revisão, pelo Poder Legislativo, da Lei Municipal nº 10.785/2003. Foram introduzidos três conceitos diferentes em uma mesma lei: a racionalização dos usos da água potável, o reuso das águas cinza e a detenção das águas pluviais. Esta ferramenta vem sendo questionada antes mesmo de ter entrado em vigor, por profissionais atuantes na área, sensibilizados com os problemas que poderiam ser gerados pela eventual ligação cruzada dos sistemas e a falta de parâmetros de qualidade para os referidos usos;

8ª) Revisão, pelo Poder Legislativo, do Decreto Municipal nº 293/2006. Não há um esclarecimento quanto à natureza do reservatório a ser dimensionado, se este representa um reservatório de detenção das águas pluviais ou um reservatório destinado ao armazenamento de Águas Cinza de Reuso. Caso o reservatório seja destinado à detenção das águas pluviais para utilização em fins não potáveis, não existem especificações para o dimensionamento do reservatório de auto-limpeza para sedimentação das impurezas. Não há também o estabelecimento dos parâmetros de qualidade da água para cada tipo de uso;

9ª) Revisão, pelo Poder Legislativo, do Decreto Municipal nº 176/2007. A fórmula apresentada pelo decreto para o dimensionamento de reservatórios de detenção das águas pluviais apresenta algumas informações técnicas inconsistentes. A aplicação da fórmula resulta em valores de vazão e não de volume, bem como o tempo de duração da chuva não é apresentado. Sobre os cuidados para a realização da

manutenção, limpeza, bem como sua periodicidade, não há qualquer informação a respeito.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bella Calha. **Sistema de aproveitamento de água de chuva.** Disponível em: <www.bellacalha.com.br>. Acessado em: 28 de Setembro de 2012.
- BOLLMANN, H. A.; EDWIGES, T. (2008). **Avaliação da qualidade das águas do Rio Belém, Curitiba-PR, com emprego de indicadores quantitativos e perceptivos.** Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. Volume 13 - nº4 – 443-452.
- BOLLMANN, H. A.; CARVALHO. M. R. (2008). **Interesse Popular na Participação da Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Belém, Curitiba, Paraná.** IV Encontro Nacional da Anppas, Brasília, Distrito Federal, 20p.
- CHOCAT, B. (1997). **Encyclopédie de l'Hydrologie Urbaine et de l'Assainissement.** Technique et Documentation Lavouisier, Paris, França, 1124p.
- Decreto Municipal nº 176 de 24 de Março de 2007 - **Critérios para implantação de mecanismos de contenção de cheias no Município de Curitiba.**
- Decreto Municipal nº 293 de 28 de Março de 2003 - **Dispõe os critérios do uso e conservação racional da água em edificações no Município de Curitiba.**
- FENDRICH, R. (2000). Histórico de acidentes hidrológicos em Curitiba. Bacia Hidrográfica do rio Belém. In: LIMA, R. E. **Uso dos solos e dos rios: Conceitos e aplicações para a região de Curitiba,** UFPR – NIMAd. 194p.
- FENDRICH, R. (2002). **Coleta, Armazenamento, Utilização e Infiltração das Águas Pluviais na Drenagem Urbana.** Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental, Departamento de Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. 547p.

- FENDRICH (2012). **Curso de Macrodrenagem Urbana**. Capacitação Técnica dos Responsáveis Envolvidos no Plano Diretor de Drenagem de Curitiba - PDD. Curitiba, 31 de Agosto de 2012.
- FORTUNATO, R. A. (2006). **Subsídios à Prevenção e Controle das Inundações Urbanas: Bacia Hidrográfica do Rio Belém – Município de Curitiba – PR**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná. 237p.
- FRAGOMENI, L. H. C. (2000). A nova lei de zoneamento e uso do solo de Curitiba – Uma visão crítica. In: LIMA, R. E. **Uso dos solos e dos rios: Conceitos e aplicações para a região de Curitiba**, UFPR – NIMAd. 194p.
- FRAGOSO, C. R., MARQUES, D. M., FERREIRA, T. F. (2009). **Modelagem Ecológica de Sistemas Aquáticos**. Editora: Oficina de Textos.
- GEISSLER, H. J.; LOCH, R. E. N. (2004). **Análise histórica das enchentes em Curitiba – PR: Medidas propostas e consequências observadas**. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1., Florianópolis: GEDN/UFSC. P. 507-523.
- IBGE. Censo 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br/cidadesat>. Acessado em: 18 de outubro de 2012.
- Jornal A Gazeta do Povo. Disponível em: <www.gazetadopovo.com.br>.
- Gazeta do Povo. **Edital de Concorrência nº CN/077/2012-SMOP/OPO**. Edição do dia 17 de maio de 2012, pg 23.
- Lei Municipal nº 7.833 de 19 de Dezembro de 1991 – **Dispõe sobre a Política de Proteção, Conservação e Recuperação do Meio Ambiente**.
- Lei Municipal nº 9.800 de 03 de Janeiro de 2000 – **Dispõe sobre o Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no Município de Curitiba**.

Lei Municipal nº 9.805 de 03 de Janeiro de 2000 – **Cria o Setor Especial do Anel de Conservação Sanitário Ambiental.**

Lei nº 11.445 de 5 de Janeiro de 2007 – **Estabelece Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico.**

LIMONAD, E. (1996). **Os Lugares da Urbanização: O Caso do Interior Fluminense.** Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, São Paulo.

MOTA, S. (1999). **Urbanização e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: ABES, 352p.

MEDEIROS, P., CORDERO, A., TACHINI, M. (2011). **Aproveitamento de água de chuva associado à trincheira de infiltração.** XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió-AL. 17p.

POMPÊO, C.A. (1999). **Ensino de hidrologia urbana: em busca da motivação do aluno.** Anais eletrônicos do Congresso Nacional de Ensino de Engenharia. CD-ROM, Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, Natal, RN.

Prefeitura Municipal de Curitiba. **Limpeza dos lagos do Passeio Público.** Disponível em: <www.curitiba.pr.gov.br>. Acessado em: 24 de Novembro de 2012.

RIGHETTO e MENDIONDO. (2004). **Avaliação de riscos hidrológicos: Principais danos e causas e proposta de seguro contra enchentes.** III Simpósio de Recursos Hídricos. Centro-Oeste - Goiânia (GO). 12p.

SUDERHSA (2002). **Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba.**

TOMAZ, P. (2007). **Água de Chuva: Pesquisas, Políticas e Desenvolvimento Sustentável.** VI Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Águas Pluviais. Belo Horizonte – MG. 24p.

- TUCCI, C.; COLLISCHONN, W. (1998). **Drenagem urbana e Controle de Erosão**. VI Simpósio nacional de controle da erosão. Presidente Prudente, São Paulo. 16p.
- TUCCI, C. E. M. (2005). **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades. Global Water Partnership. Wolrd Bank. Unesco. 192p.
- TUCCI, C. E. M. (2007). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 944p.
- VICENTINI, T. A. (2000). **Análise do Efeito da Urbanização nas Cheias Urbanas. Monitoramento de Bacias Experimentais**. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP: 201p.